



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

# **INVENTARISASI FLUKTUASI EMISI POLUTAN NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, DAN CH<sub>4</sub> DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SIDOARJO**

**AFIFAH RAUDLOH ANNI'MAH**  
**3313100094**

**Dosen Pembimbing:**  
**Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.**  
**Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

# **INVENTARISASI FLUKTUASI EMISI POLUTAN NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, DAN CH<sub>4</sub> DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SIDOARJO**

**AFIFAH RAUDLOH ANNI'MAH**  
**3313100094**

**Dosen Pembimbing:**  
**Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.**  
**Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT - RE 141581**

# **INVENTORY OF NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> AND CH<sub>4</sub> POLLUTANT EMISSION FLUCTUATION IN JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT SIDOARJO**

**AFIFAH RAUDLOH ANNI'MAH**  
3313100094

**SUPERVISOR**  
Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.  
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

## LEMBAR PENGESAHAN

### INVENTARISASI FLUKTUASI EMISI POLUTAN NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, DAN CH<sub>4</sub> DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SIDOARJO

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

**AFIFAH RAUDLOH ANNI'MAH**  
NRP. 3313 100 094

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es, Ph.D.  
NIP. 19600618 198803 1 002



Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.  
NIP. 19751018 200501 1 003

**SURABAYA, JANUARI 2018**





# INVENTARISASI FLUKTUASI EMISI POLUTAN NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, DAN CH<sub>4</sub> DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SIDOARJO

Nama Mahasiswa : Afifah Raudloh Anni'mah  
NRP : 3313100094  
Departemen : Teknik Lingkungan FTSLK ITS  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., Ph.D.  
Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T.

## ABSTRAK

Penerbangan yang semakin mudah diakses masyarakat berdampak juga pada kenaikan aktivitas di Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo. Kenaikan aktivitas ini menyebabkan potensi emisi polutan meningkat, termasuk NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>. Pada penelitian ini dilakukan inventarisasi fluktuasi emisi NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> aktivitas Bandara untuk transportasi *on-road*, transportasi *off-road*, limbah padat domestik dan limbah cair domestik. Hasil inventarisasi kemudian dituangkan kedalam rekomendasi berupa alternatif yang memungkinkan bagi PT. Angkasapura I.

Inventarisasi emisi dilakukan dengan mendaftarkan besaran polutan dari sumber pencemar dari sektor energi, yaitu transportasi *on-road*, transportasi *off-road*, dan sektor limbah yang meliputi limbah padat dan limbah cair. Rentang waktu inventarisasi adalah tahun 2006 hingga tahun 2016. Perhitungan menggunakan *worksheet Atmospheric Brown Clouds (ABC) – Emission Inventory Manual (EIM) Excel 2013* dan *worksheet IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (GL) Excel 2013*.

Hasil penelitian menunjukkan, tren fluktuasi NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> pada tahun 2006 - 2008 didominasi oleh transportasi *off-road* sebesar 701,27 - 723,79 ton NO<sub>x</sub>, 218.336,09 - 221.699,59 ton CO<sub>2</sub> dan 12,24 - 14,76 ton CH<sub>4</sub>. Pada tahun 2009 - 2016, NO<sub>x</sub> dan CO<sub>2</sub> didominasi oleh transportasi *off-road* (814,23 - 1636,78 ton NO<sub>x</sub> dan 236.564,73 - 374.689,93 ton CO<sub>2</sub>), transportasi *on-road* (41,05 - 69,49 ton NO<sub>x</sub> dan 55.519,99 - 93.694,74 ton CO<sub>2</sub>), dan limbah padat domestik (0,06 - 0,12 ton NO<sub>x</sub> dan 31,13 - 62,92 ton CO<sub>2</sub>).

CH<sub>4</sub> didominasi oleh transportasi *on-road* (28.971,59 - 48.790,14 ton CH<sub>4</sub>), limbah cair domestik (18,25 - 29,52 ton CH<sub>4</sub>) dan transportasi *off-road* (11,18 - 16,75 ton CH<sub>4</sub>). Identifikasi menunjukkan NO<sub>x</sub> dan CH<sub>4</sub> berasal dari pembakaran kurang sempurna pada transportasi *on-road* maupun *off-road*. Fluktuasi emisi sektor transportasi *on-road* sangat bergantung pada jenis kendaraan, sedangkan sektor transportasi *off-road* sangat bergantung pada tipe pesawat. Fluktuasi emisi sektor limbah padat domestik bergantung pada efisiensi pembakaran di insenerator, sedangkan faktor emisi limbah cair domestik bergantung pada bangunan pengolahan. Alternatif yang disarankan pada sektor *off-road* berupa manajemen LTO (kegiatan *taxi*). Pada transportasi *on-road*, yaitu realisasi pengadaan dan penggunaan kereta api.

**Kata Kunci : ABC-EIM, IPCC 2006 GL, transportasi, limbah padat domestik, limbah cair domestik**



# **EMISSION INVENTORY FLUCTUATION OF POLLUTANT NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> DAN CH<sub>4</sub> IN JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT SIDOARJO**

Student Name : Afifah Raudloh Anni'mah  
NRP : 3313100094  
Department : Environmental Engineering FTSLK ITS  
Supervisor : Prof.Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es Ph.D  
Abdu Fadli Assomadi, S.Si., MT.

## **ABSTRACT**

Aviation were easily to be acces, so that the activity impacted the increasing for Juanda International Airport, Sidoarjo District. This activity exhaust the emission of pollutant, including NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub>. This research calculating the emission inventory of emission NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> activity in airport for on-road and off-road transportation, municipal solid waste and waste water. The inventory result derified in some strategy, that be able to PT. Angkasapura I.

Emission inventory calculated from list of pollutant in energy sector, that is on-road transportation, off-road, and waste sector which is municipal solid waste and waste water. The inventory were calculated from 2006 to 2016. Calculation used with worksheet Atmospheric Brown Clouds (ABC) – Emission Inventory Manual (EIM) Excel 2013 and worksheet IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (GL) Excel 2013.

The result showed that, fluctuation tren for NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> in year 2006 - 2008 dominated by off-road transportation with 701,27 - 723,79 tonnes NO<sub>x</sub>, 218.336,09 - 221.699,59 tonnes CO<sub>2</sub> and 12,24 - 14,77 tonnes CH<sub>4</sub>. In year 2009-2016, NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> dominated by off-road transportation (814,23 - 1636,78 tonnes NO<sub>x</sub> and 236.564,73 - 374.689,96 tonnes CO<sub>2</sub>), on-road transportation (41,05 - 69,49 tonnes NO<sub>x</sub> and 55.519,99 - 93.694,74 tonnes CO<sub>2</sub>), and municipal solid waste (0,06 - 0,12 tonnes NO<sub>x</sub> and 31.133 - 62.922 tonnes CO<sub>2</sub>). CH<sub>4</sub> dominated by on-road transportation (28.971,59 - 48.790,15 tonnes CH<sub>4</sub>), waste water (18,25 - 29,52 ton CH<sub>4</sub>) and off-road transportation (11,18 - 16,75 ton CH<sub>4</sub>). NO<sub>x</sub>

and CH<sub>4</sub> were identified came from unideal combustion of fuel from on-road and off-road transportation. Off-road transportation emission fluctuation depend on the type of aircraft. Municipal solid waste emission fluctuation based on the efficiency of insenerator, while waste water emission fluctuation based on the type of treatment plant. The alternative which suggested in off-road sectoral is managed the LTO (taxi way). Substituted the on-road transportation, by realized and well used the railway.

**Key Words : ABC-EIM, IPCC 2006 GL, transportation, municipal solid waste, waste water.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan, kemudahan, petunjuk serta karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir di Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS dengan judul **“INVENTARISASI FLUKTUASI EMISI POLUTAN NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, DAN CH<sub>4</sub> DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SIDOARJO”**.

Tugas Akhir ini dapat selesai dengan tepat pada waktunya, tentu tidak lepas dari peran serta dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Hadi Suyono dan dan Ibu Peny Setyowati yang mendidik, mendoakan, berkorban jiwa dan raga.
  2. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.Es., Ph.D., dan Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada penulis selama kegiatan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir.
  3. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, MSc., Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., MT., Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT., dan Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.Es., selaku dosen pengarah.
  4. Saudara penulis yaitu, Muhammad Salman A., Rusyda Al Latifah, Muhammad Harits A., Muhammad Abrisam A. yang telah memberikan dukungan penuh, baik doa, moril.
  5. Bapak Andi Triwijaksono P. pada seksi *Human Capital*, Bapak Andi Agung Saputra Amd., pada seksi *Engineering* dan Bapak John Martin S.T., M.T., pada seksi *Environmental* selaku dari pihak PT. Angkasapura I yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan.
  6. Keluarga, kerabat, teman-teman dan kolega yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, atas dukungan, dan kerjasamanya.
- Selesainya Tugas Akhir ini tentunya masih ada kekurangan. Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan.

**Surabaya, Januari 2018**

**Penulis**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR SINGKATAN .....	xv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Emisi .....	5
2.1.1 NO <sub>x</sub> .....	5
2.1.2 CO <sub>2</sub> .....	5
2.1.3 CH <sub>4</sub> .....	6
2.2 Inventarisasi Emisi .....	6
2.2.1 Sektor Energi .....	8
2.2.2 Sektor Limbah .....	9
2.3 Transportasi .....	10
2.3.1 Transportasi <i>On-Road</i> .....	11

2.3.2 Transportasi <i>Off-Road</i> .....	11
2.4 Limbah Padat .....	15
2.5 Limbah Cair .....	17
2.6 Faktor Emisi .....	19
2.6.1 Transportasi .....	20
2.5.2 Limbah Padat .....	21
2.5.3 Limbah Cair .....	21
2.7 Tier 23	
2.8 <i>Atmospheric Brown Clouds (ABC) – Emission Inventory Manual (EIM)</i> .....	24
2.9 <i>IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories</i> .....	24
BAB III .....	25
METODE PENELITIAN .....	25
3.1 Umum .....	25
3.2 Kerangka Pelaksanaan Penelitian .....	26
3.3 Perangkat dan Data-data Global dalam Penelitian .....	27
3.4 Persiapan Penelitian .....	28
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	28
3.5.1 Metode Pengumpulan Data .....	28
3.5.2 Pengolahan Data .....	29
3.5.3 Analisis Data dan Pembahasan .....	38
3.5.4 Kesimpulan dan Saran .....	38
BAB IV .....	39
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39

4.1 Data Aktivitas Sumber Emisi Bandar Udara Internasional Juanda .....	39
4.1.1 Data Aktivitas Sumber Emisi Sektor Energi .....	39
4.1.2 Data Aktivitas Sumber Emisi Sektor Limbah.....	41
4.2 Perhitungan Beban Emisi Bandar Udara Internasional Juanda untuk Parameter NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> .....	42
4.2.1 Perhitungan Beban Emisi Sektor Energi - Transportasi.....	42
4.2.2 Perhitungan Beban Emisi Sektor Limbah.....	44
4.3 Total Beban Emisi dan Fluktuasinya di Bandar Udara Internasional Juanda .....	55
4.4 Analisis terhadap Fluktuasi di Bandar Udara Internasional Juanda .....	55
4.4.1 Transportasi : <i>on-road</i> .....	55
4.4.2 Transportasi : <i>off-road</i> (pesawat) .....	58
4.4.3 Limbah Padat Domestik .....	64
4.4.4 Limbah Cair Domestik .....	66
4.5 Rekomendasi Alternatif.....	73
BAB V .....	77
KESIMPULAN DAN SARAN .....	77
5.1 Kesimpulan .....	77
5.2 Saran .....	78
DAFTAR PUSTAKA .....	79
LAMPIRAN I .....	83
LAMPIRAN II .....	88
LAMPIRAN III .....	92
LAMPIRAN IV .....	111

LAMPIRAN V .....	118
LAMPIRAN VI .....	183
LAMPIRAN VII .....	190
BIOGRAFI PENULIS .....	204



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Pengelompokan Sektor Inventarisasi Gas Rumah Kaca.....	7
Gambar 2. 2 Alur Aktivitas Penerbangan Pesawat .....	12
Gambar 2. 3 Diagram Alir Pengeluaran Emisi pada Kegiatan Penerbangan.....	13
Gambar 2. 4 Diagram Alir Pengeluaran Emisi pada Kegiatan Penerbangan.....	14
Gambar 2. 5 Diagram Alir Karbon dan Energi pada Pengolahan Aerobik .....	17
Gambar 2. 6 Diagram Alir Karbon dan Energi pada Pengolahan Anaerobik .....	18
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian .....	27
Gambar 3. 2 Worksheet ABC-EIM Kolom Densitas Bahan Bakar, Volum Kendaraan, Persentase Ketidakpastian Data .....	30
Gambar 3. 3 Worksheet ABC-EIM Kolom Total Jarak Perjalanan tiap kendaraan (km/tahun.kendaraan) dan Total Jarak Perjalanan (km/tahun) .....	31
Gambar 3. 4 Worksheet ABC-EIM Kolom Faktor Emisi (g/km)...	31
Gambar 3. 5 Worksheet ABC-EIM Kolom Jenis Pesawat, Volum LTO, Persentase Ketidakpastian Data, dan Konsumsi Bahan Bakar untuk Setiap Kegiatan LTO .....	32
Gambar 3. 6 Worksheet ABC-EIM untuk Faktor Emisi aktivitas LTO dan Kolom Beban Emisi.....	33
Gambar 3. 7 Worksheet ABC-EIM Kolom Populasi, Ketidakpastian data, Timbulan Sampah Terolah, Efisiensi Pengumpulan Sampah .....	35
Gambar 3. 8 Worksheet ABC-EIM Kolom Fraksi Pembakaran ( $\delta$ ), Fraksi Timbulan Sampah Terbakar, Efisiensi Pembakaran .....	35

Gambar 3. 9 Worksheet IPCC 2006 GL Penentuan Bahan Organik dari Limbah Cair Domestik yang dapat Terdegradasi .....	36
Gambar 3. 10 Worksheet IPCC 2006 GL Faktor Emisi CH <sub>4</sub> untuk Limbah Cair Domestik .....	37
Gambar 3. 11 Worksheet IPCC 2006 GL Estimasi Emisi CH <sub>4</sub> untuk Limbah Cair Domestik .....	37
Gambar 4. 1 Tren Fluktuasi Total Kendaraan Darat terhadap Beban Emisi NO <sub>x</sub> .....	56
Gambar 4. 2 Tren Fluktuasi Total Kendaraan Darat terhadap Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	57
Gambar 4. 3 Tren Fluktuasi Total Kendaraan Darat terhadap Beban Emisi CH <sub>4</sub> .....	57
Gambar 4. 4 Tren LTO terhadap Konsumsi Bahan Bakar untuk Tahun 2006-2016 .....	59
Gambar 4. 5 Tren LTO terhadap Beban Emisi NO <sub>x</sub> untuk Tahun 2006-2016 .....	60
Gambar 4. 6 Tren LTO terhadap Beban Emisi CO <sub>2</sub> untuk Tahun 2006-2016 .....	62
Gambar 4. 7 Tren LTO terhadap Beban Emisi CH <sub>4</sub> untuk Tahun 2006-2016 .....	63
Gambar 4. 8 Tren Total Timbunan Sampah yang Dibakar terhadap Beban Emisi NO <sub>x</sub> pada Tahun 2009 - 2016.....	64
Gambar 4. 9 Tren Total Timbunan Sampah yang Dibakar terhadap Beban Emisi CO <sub>2</sub> pada Tahun 2009 - 2016.....	65
Gambar 4. 10 Tren Fluktuasi TOW terhadap Beban Emisi CH <sub>4</sub> .....	66
Gambar 4. 11 Tren Fluktuasi Beban Emisi NO <sub>x</sub> pada tahun 2006 - 2016 .....	70
Gambar 4. 12 Tren Fluktuasi CO <sub>2</sub> pada tahun 2006-2016 .....	72
Gambar 4. 13 Tren Fluktuasi CH <sub>4</sub> pada tahun 2006-2016 .....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Metode Estimasi Emisi .....	7
Tabel 2. 2 Sektor dan Kategori Inventarisasi Emisi .....	8
Tabel 2. 3 Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair dan Potensi Emisi yang Dihasilkan .....	9
Tabel 2. 4 Faktor Emisi Transportasi Indonesia.....	20
Tabel 2. 5 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor .....	20
Tabel 2. 6 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor .....	21
Tabel 2. 7 Faktor Emisi Pesawat.....	21
Tabel 2. 8 Faktor Emisi insenerator Limbah Padat .....	21
Tabel 2. 9 Nilai Default MCF untuk Limbah Cair Domestik.....	22
Tabel 3. 1 Keluaran Penelitian .....	26
Tabel 4. 1 Contoh Rekapitan Kedatangan untuk Penerbangan Domestik dan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda Sidoarjo Tahun 2006-2016 .....	40
Tabel 4. 2 Rekapitan Penumpang untuk Penerbangan Domestik dan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda Sidoarjo Tahun 2009-2016 .....	41
Tabel 4. 3 Tampilan Perhitungan <i>Worksheet</i> Manual ABC-EIM untuk Transportasi <i>On-road</i> pada Tahun 2016 .....	47
Tabel 4. 4 Tampilan Perhitungan <i>Worksheet</i> Manual ABC-EIM untuk Transportasi <i>Off-road</i> pada Tahun 2016 .....	48
Tabel 4. 5 Tampilan Perhitungan <i>Worksheet</i> Manual ABC-EIM untuk Limbah Padat Domestik pada Tahun 2016 .....	52
Tabel 4. 6 Tampilan Perhitungan <i>Worksheet</i> Manual IPCC 2006 GL untuk Limbah Cair Domestik pada Tahun 2016.....	53
Tabel 4. 7 Tampilan Perhitungan <i>Worksheet</i> Manual IPCC 2006 GL untuk Limbah Cair Domestik pada Tahun 2016.....	54
Tabel 4. 8 Rekap Total Beban Emisi di Bandar Udara Internasional Juanda .....	55

Tabel 4. 9 Perbandingan Data Penumpang antara Tahun 2013 - 2015.....	56
Tabel 4. 10 Hasil Pemeriksaan Laboratorium Emisi Udara Insenerator.....	66
Tabel 4. 11 Perbandingan Data <i>Aerated Lagoon</i> dan <i>Anaerobic Reactor</i> .....	67
Tabel 4. 12 Rekapitan Total Hasil Beban Emisi NO <sub>x</sub> .....	68
Tabel 4. 13 Rekapitan Total Hasil Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	68
Tabel 4. 14 Rekapitan Total Hasil Beban Emisi CH <sub>4</sub> .....	69

## DAFTAR SINGKATAN

ABC	: <i>Atmospheric Brown Clouds</i>
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
DO	: <i>Dissolved Oxygen</i>
EIM	: <i>Emission Inventory Manual</i>
EMEP/EEA	: <i>European Monitoring and Evaluation Programme/ European Environment Agency</i>
GL	: <i>Guideline for National Greenhouse Gas Inventories</i>
GRK	: <i>Gas Rumah Kaca</i>
IPCC	: <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
LTO	: <i>Landing dan Take-Off</i>
ICAO	: <i>International Civil Aviation Organization</i>
SS	: <i>Suspended Solid</i>
STP	: <i>Sewage Treatment Plant</i>
WTP	: <i>Waste Treatment Plant</i>



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Era global ini, penerbangan tidak lagi menjadi transportasi yang eksklusif dan terbatas, namun semua orang sangat mungkin mengaksesnya. Keuntungan dengan harga yang mampu dijangkau, dan efisiensi waktu paling baik dibandingkan dengan transportasi lainnya menjadikan pesawat sebagai transportasi semakin dipilih banyak orang. Hal ini mengakibatkan aktivitas Bandara sebagai tempat pemberangkatan dan pendaratan penumpang menjadi semakin ramai. Peningkatan aktivitas ini tentu saja diikuti oleh aktivitas transportasi darat dari dan ke bandara dan aktivitas pendukung lainnya. Dampak negatif dari aktivitas ini salah satunya adalah potensi meningkatnya emisi pencemar udara baik sebagai akibat peningkatan jumlah *take off* dan *landing* pesawat, *shuttle vehicle* bandara, transportasi dari dan ke bandara, dan aktivitas lainnya seperti *genset*, *housekeeping*, dan lain-lain.

Peningkatan aktivitas tersebut, juga terjadi pada Bandar Udara Internasional Juanda, sebagai salah satu bandar udara terbesar di Indonesia. Bandar Udara Juanda ini telah menjadi salah satu kontributor penting dalam dunia penerbangan yang dilakukan di Indonesia bahkan dunia. Namun pengembangan dan peningkatan aktivitas ini secara berkelanjutan menjadi potensial dalam penghasilan emisi polutan sebagai dampak dari aktivitas tersebut.

Emisi terbesar dari kegiatan penerbangan, adalah pada saat pesawat itu *landing* dan *take-off*. Knalpot pesawat sangat besar berperan dalam aktivitas tersebut dan menjadi poin utama setiap penerbangan yang dilakukan. Polutan yang dihasilkan akan tersebar dan pola penyebarannya yang luas, mengikuti media udara, angin dan perubahan elevasi sumber karena gerak pesawat. Demikian pula potensi karena perubahan aktivitas lalu lintas pendukung bandara. Padatnya kegiatan di bandar udara berdampak terhadap padatnya transportasi darat. Dengan demikian potensi pencemaran udara akibat transportasi menjadi salah satu yang patut diperhatikan. Di sisi lain, aktivitas di Bandar Udara Internasional Juanda juga menghasilkan limbah padat dan

cair yang berpotensi menghasilkan emisi polutan secara tidak langsung.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilaksanakan, salah satunya oleh Fahrizal (2012). Penelitian ini berfokus pada analisis kandungan senyawa CO, HC<sup>-</sup>, dan CO<sub>2</sub> untuk setiap jenis pesawat yang ditinjau. Hasil yang didapatkan berupa nilai beban emisi setiap unit pesawat. Nilai beban emisi ini selanjutnya dihubungkan dengan volume penerbangan dan diperoleh beban emisi total Bandara Juanda. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah, perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai emisi dalam pengukuran langsung dan korelasinya dengan teori.

Penelitian-penelitian emisi dari aktivitas Bandar udara masih sangat penting untuk dilakukan. Secara umum, penelitian tentang polusi udara bersumber dari transportasi udara belum banyak diketahui di Indonesia karena metode observasi dan pengukuran polutan udara sulit, memakan biaya yang relatif tinggi. Secara spesifik, Slamet S. (2010) menyatakan bahwa, pentingnya diadakan penelitian terhadap polutan di Bandar Udara adalah: 1) Hasil polutan dari sumber pencemar dekat dengan lapisan ozon (lapisan bagian atas troposfer dan lapisan bagian bawah stratosfer). 2) Polutan dari sumber pencemar transportasi udara, tidak ada media absorpsi seperti transportasi darat yang dapat di absorpsi oleh vegetasi, dimana hanya hujan yang mampu membersihkan polutan udara.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, maka penelitian dilakukan untuk memberikan gambaran potensi pencemaran udara akibat aktivitas penerbangan dan pendukungnya. Beberapa parameter di estimasi atau dihitung dalam penelitian ini antara lain NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> sebagai hasil dari pembakaran aktivitas Bandar udara. Slamet S. (2010), menyatakan bahwa NO<sub>x</sub> merupakan komponen pembentuk smog (kabut), akan merusak lapisan stratosfer (ketinggian 20-40 km). Purwanto, *et al.* (2015) menjabarkan bahwa, partikulat terdiri dari unsur C (karbon), masih berupa butiran partikel, dan residu atau kotoran lain, dimana dihasilkan oleh pembakaran pada motor diesel. Menurut Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (2014), emisi yang dihasilkan pada gas rumah kaca, terutama CO<sub>2</sub>, sebagian besar berasal dari penggunaan energi dan kegiatan proses produksi. Pada



IPCC (2006), pada proses pembakaran, tidak hanya CO<sub>2</sub> yang diemisikan, namun karbon seperti CO, CH<sub>4</sub>, dan NMVOCs.

Melalui inventarisasi emisi, dapat dianalisis fluktuasi dari daftar besaran konsentrasi NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>. Sesuai Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pengendalian pencemaran udara meliputi pencegahan dan penanggulangan pencemaran, serta pemulihan mutu udara dengan melakukan inventarisasi mutu udara ambien, pencegahan sumber pencemar, baik dari sumber bergerak maupun sumber tidak bergerak termasuk sumber gangguan serta penanggulangan keadaan darurat. Sumber pencemar penelitian berfokus pada sektor energi-transportasi, limbah-padat dan limbah-cair di Bandara Juanda dalam kurun waktu tertentu. Selanjutnya hasil dari analisis ini dituangkan pada alternatif yang mampu diterapkan pada Bandara Juanda. Keberlanjutan ini diharapkan mampu terkontrol dan berdampak baik pada manusia dan lingkungan, bahkan mampu memberikan keuntungan pada manajemen internal Bandara, terutama membawa reputasi baik dalam berdedikasi menjaga bumi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang dibahas pada laporan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana inventarisasi fluktuasi emisi polutan NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di Bandar Udara Juanda?
2. Apa alternatif dalam mengendalikan emisi polutan NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di Bandar Udara Juanda?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari laporan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui fluktuasi emisi polutan NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di Bandar Udara Juanda.
2. Menetapkan alternatif dalam mengendalikan pencemaran udara oleh polutan NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di Bandar Udara Juanda.

## **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup pada laporan penelitian ini meliputi :

1. Penelitian dilakukan di Bandar Udara Internasional Juanda Sidoarjo pada sektor energi dan sektor limbah

2. Pembahasan pada sektor energi mencakup transportasi *on-road* (kendaraan angkut penumpang untuk pengantaran maupun penjemputan penumpang) dan *off-road* (pesawat), sedangkan pada sektor limbah meliputi limbah padat (proses insenerasi) dan limbah cair domestik (bangunan pengolahan air limbah)
3. Parameter emisi polutan yang dihitung dan di analisis adalah  $\text{NO}_x$  ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$
4. Data berupa data sekunder dari PT. Angkasa Pura I. Basis data untuk perhitungan sektor energi transportasi *on road*, dan sektor limbah dari data penumpang Bandar Udara Juanda yang melakukan keberangkatan maupun kepulangan dalam penerbangan domestik maupun internasional. Basis data untuk perhitungan sektor energi transportasi *off road* berasal dari data aktivitas Landing dan Take off.
5. Dasar perhitungan beban emisi polutan untuk sektor energi dan sektor limbah padat menggunakan manual ABC-EIM Excel 2013 dan dasar perhitungan beban emisi polutan sektor limbah cair menggunakan dan IPCC 2006 GL Excel 2013.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari laporan penelitian ini adalah:

1. Menyediakan informasi ilmiah mengenai fluktuasi besaran inventarisasi emisi polutan  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{CH}_4$ , di Bandar Udara Juanda pada sektor energi dan sektor limbah
2. Menetapkan alternatif dalam mengendalikan pencemaran udara oleh emisi polutan  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{CH}_4$  di Bandar Udara Juanda

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Emisi**

Dampak keberadaan dari bandara atau pesawat terbang terhadap kualitas udara sangat kompleks. Dampak tersebut tidak hanya ditanggung oleh daerah yang bersentuhan langsung dengan wilayah bandara, tetapi juga ditanggung oleh daerah lain (skala regional maupun global). Sebagai contoh, emisi yang dihasilkan pesawat, selain menyebar ke daerah sekitar bandara, akan terbawa dan terdispersi di atmosfer saat pesawat mengudara. Ashford (2011), menyatakan, hal ini dapat memicu berbagai hal yang dapat membahayakan lingkungan dan kehidupan manusia

##### **2.1.1 NO<sub>x</sub>**

Pesawat udara yang terbang rendah, tidak akan efisien terhadap penggunaan bahan bakar sehingga polutan yang dihasilkan meningkat. Jika terbang tinggi, maka produksi NO<sub>x</sub> akan meningkat. Pada Slamet S. (2010), NO<sub>x</sub> yang merupakan komponen pembentuk *smog*, akan merusak lapisan stratosfer (ketinggian 20-40 km).

Di Asia, Ohara *et al.* (2007) menjabarkan, teridentifikasi, kontributor NO<sub>x</sub> utama inventarisasi berasal dari pembangkit tenaga batu bara (34%), diikuti oleh sektor transportasi dan industri. ICAO (organisasi penerbangan sipil internasional) mengeluarkan kebijakan pengurangan emisi NO<sub>x</sub> diharapkan sebesar 12% mulai dari tahun 2008.

##### **2.1.2 CO<sub>2</sub>**

Seinfeld dan Pandis (1998) menyatakan, CO<sub>2</sub> merupakan produk dari pembakaran fosil, bahan bakar atau biomasa, pengalihan lahan dan proses industri. CO<sub>2</sub> memiliki dampak radiatif yang besar pada konsentrasi berapapun. Dalam Slamet S. (2010), CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan darat (*on-road*), dapat diabsorpsi oleh tumbuhan hijau (dengan syarat, proporsi antara tumbuhan hijau dan CO<sub>2</sub> seimbang). Kelebihan yang tidak diabsorpsi oleh tumbuhan hijau akan mengakibatkan banyak CO<sub>2</sub> berada di atmosfer (sebagai gas rumah kaca) dan mengakibatkan *global warming*.

### 2.1.3 CH<sub>4</sub>

Sherestha, *et al.* (2013), menjelaskan metana adalah hidrokarbon yang melimpah di atmosfer. Sumber alami metana dihasilkan dari *wetland*, dimana sumber antropogenik pada umumnya berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, peternakan hewan (fermentasi enterik dan pengolahan limbah kotoran), pertanian padi, pembakaran biomasa dan pengolahan limbah.

Emisi CH<sub>4</sub> dari limbah yang di insenerasi sangat bergantung pada proses kontinuitas insenerasi, teknologi insenerasi, dan penerapan manajemen, dijelaskan pada IPCC (2006).

IPCC (2006) menjelaskan kembali bahwa air limbah yang mengandung lumpur menghasilkan CH<sub>4</sub> jika terdegradasi secara anaerobik. Produksi CH<sub>4</sub> bergantung pada jumlah materi organik yang terdegradasi pada air limbah, suhu, dan sistem pengolahan.

## 2.2 Inventarisasi Emisi

Inventarisasi emisi adalah pencatatan secara komprehensif tentang emisi dari sumber pencemar udara dan atau GRK dalam suatu wilayah untuk periode waktu tertentu. Menurut Sherestha, *et al.* (2013), inventarisasi emisi berguna sebagai:

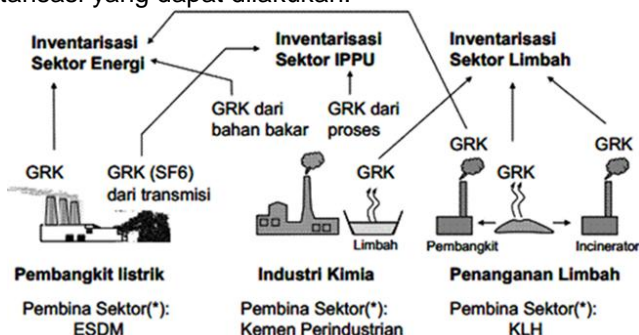
1. Komponen dasar dari kegiatan Perencanaan Pengelolaan dan Pemantauan Kualitas Udara untuk mengukur progres atau perubahan terhadap pencapaian udara bersih terhadap waktu.
2. Menentukan keperluan pembuatan peraturan perundangan.
3. Pemodelan kualitas udara khususnya model dispersi udara, terkait dengan *long-range* transport, studi inventarisasi emisi bermanfaat untuk memahami penyebaran pencemar udara yang melewati batasan wilayah (*transboundary*).

Inventarisasi Emisi berdasarkan pada sumber dibagi menjadi beberapa sektor, menurut IPCC (2006):

1. Energi : Pembakaran Bahan Bakar, Emisi Fugitif dari Bahan Bakar, CCS.
2. Proses Industri dan Penggunaan Produk
3. Agrikultur, Kehutanan, dan Penggunaan Lahan Lainnya
4. Limbah : Limbah Padat dan Cair Domestik dan Industri, dan Lain-lain.
5. Lain-lain.

Penelitian ini kemudian akan berfokus pada sektor energi (transportasi udara (*off-road*), transportasi darat (*on-road*)) dan limbah (limbah padat dan limbah cair).

Berikut gambar 2.1 merupakan ilustrasi contoh sektor kegiatan pada aktivitas manusia, GRK yang dihasilkan dan pengelompokan inventarisasi yang dapat dilakukan.



Sektor(\*) : sektor kegiatan

Gambar 2. 1 Ilustrasi Pengelompokan Sektor Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Sumber : IPCC, (2006).

Metode dalam mengestimasi emisi berdasarkan kategori sumbernya, dapat dilakukan sesuai pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Metode Estimasi Emisi

No.	Kategori Sumber	Metode Estimasi
1	Titik Sumber	Monitoring Emisi secara Berkala
		Uji Sumber
		Keseimbangan Material
		Faktor Emisi x Faktor Aktivitas
		Analisis Bahan Bakar
		Model Estimasi Emisi
		<i>Engineering judgement</i>
2	Non-Titik Sumber	Survey dan Kuisisioner
		Keseimbangan Material
		Faktor Emisi x Faktor Aktivitas
		Model Emisi
3	Sumber Bergerak	Faktor Emisi x Faktor Aktivitas
		Model Emisi

Sumber: US EPA, (2009).

Penelitian ini menggunakan metode estimasi dengan perkalian antara faktor emisi terhadap faktor aktivitas setiap sektoral yang akan diteliti.

Berikut tabel 2.2 merupakan daftar kategori pembagian inventarisasi emisi melalui pendekatan sektoral pada manual ABC-EIM oleh Sherestha, *et al.* (2013).

Tabel 2. 2 Sektor dan Kategori Inventarisasi Emisi

Sektor	Kategori
Pembakaran pada Industri Energi dan Sektor yang Menggunakan Energi	Termasuk emisi yang berhubungan dengan pembakaran bahan bakar pembangkit listrik, pabrik dan konstruksi, perumahan, layanan komersial, dan sektor transportasi
Emisi Fugitif dari Bahan Bakar	Termasuk emisi dari tambang batu bara dan pengolahannya, eksplorasi gas dan minyak, kilang minyak, distribusi bensin, pembakaran minyak dan gas pada fasilitas produksi
Emisi yang berhubungan pada Proses di Industri atau Pabrik	Termasuk emisi yang berasal dari produk saat proses dan tidak termasuk emisi pembakaran industri
Residu Tanaman dari Pembakaran Terbuka	Termasuk emisi yang berasal dari pembakaran pertanian (termasuk pembakaran untuk pembersihan lahan dan residu tanaman saat pembakaran)
Kebakaran Hutan	Termasuk total emisi di tempat ( <i>on site</i> ) kebakaran hutan (dan vegetasi lain) dan pembersihan lahan
Pembakaran Terbuka pada Limbah Padat Domestik	Termasuk emisi dari pembakaran terbuka limbah padat; tidak termasuk emisi insenerasi
Pelarat dan Penggunaan Produk Lainnya	Termasuk hasil emisi dari penggunaan pelarat dan produk lainnya
Sektor Lainnya	Termasuk sektor lainnya seperti emisi pertanian dari aktivitas selain pembakaran (limbah domestik peternakan, penggunaan pupuk dan emisi dari pengolahan dan pembuangan limbah

Sumber : Sherestha, *et al.*, (2013).

Penelitian ini akan membahas berdasarkan pada sektor yang menggunakan energi yaitu transportasi udara dan darat, dan sektor lainnya untuk pengolahan limbah padat dengan insenerator.

### 2.2.1 Sektor Energi

Invetarisasi emisi sektor energi didasarkan pada pengadaan/penyediaan energi dan/atau penggunaan energi. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012), berikut

merupakan cakupan inventarisasi pada sektor energi untuk pengadaan/penyediaan energi, yaitu:

1. Eksplorasi dan eksploitasi sumber-sumber energi primer, misal minyak mentah, batubara.
2. Konversi energi primer menjadi energi sekunder (energi yang siap pakai), misal konversi minyak mentah menjadi BBM di kilang minyak, konversi batubara menjadi tenaga listrik di pembangkit tenaga listrik.
3. Kegiatan penyaluran dan distribusi energi.

Pada penggunaan energi, biasanya untuk:

1. Penggunaan bahan bakar di peralatan-peralatan stasioner (di industri, komersial, dan rumah tangga)
2. Peralatan-peralatan yang bergerak (transportasi).

### 2.2.2 Sektor Limbah

Pengelolaan limbah padat dapat dilakukan secara biologi (misal pengomposan) maupun termal (misal insenerasi). Pengolahan limbah padat secara termal dapat dilakukan melalui proses insinerasi maupun *open burning* (pembakaran terbuka). Proses insinerasi yaitu pembakaran limbah dalam sebuah insinerator yang terkendali untuk temperatur, proses pembakaran maupun emisi. IPCC (2006) menjelaskan bahwa *open burning* berbeda dengan proses insenerasi, karena emisi langsung terpapar ke udara tanpa melalui cerobong.

Berikut tabel 2.3 menjelaskan pengelolaan limbah cair beserta potensi emisi yang dihasilkan.

Tabel 2. 3 Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair dan Potensi Emisi yang Dihasilkan

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran			Penjelasan
Dikumpulkan	Tanpa Perlakuan	Aliran Sungai	Kekurangan oksigen pada sungai/ danau menyebabkan dekomposisi secara anaerobik yang menghasilkan CH <sub>4</sub>
		Saluran tertutup bawah tanah	Tidak menghasilkan CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O
		Saluran Pembuangan (Terbuka)	Kelebihan limbah pada saluran terbuka merupakan sumber CH <sub>4</sub>

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran				Penjelasan
	Perlakuan	Aerobik	Fasilitas Pengolahan Limbah Cair Terpusat secara Aerobik	CH <sub>4</sub> dalam jumlah tertentu dari lapisan anaerobik
				Sistem aerobik yang buruk dapat menghasilkan CH <sub>4</sub>
				Unit dengan pemisahan nutrisi (nitrifikasi dan denitrifikasi) menghasilkan N <sub>2</sub> O dalam jumlah sedikit
			Pengolahan Lumpur Anaerobik pada Pengolahan Limbah Cair Terpusat secara Aerobik	Rekoveri CH <sub>4</sub> tidak dipertimbangkan
			Kolam dangkal secara Aerobik	Tidak menghasilkan CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O
				Sistem aerobik yang buruk dapat menghasilkan CH <sub>4</sub>
		Anaerobik	Danau di Pinggir Laut ( <i>Lagoon</i> ) secara Anaerobik	Dapat menghasilkan CH <sub>4</sub>
				Tidak menghasilkan N <sub>2</sub> O
			Reaktor ( <i>digestor</i> ) Anaerobik	Kemungkinan lumpur merupakan sumber CH <sub>4</sub> dan jika CH <sub>4</sub> yang dihasilkan tidak direkoveri dan dibakar ( <i>flared</i> )
		Tidak Dikumpulkan	<i>Septik tanks</i>	Seringkali pemisahan padatan mengurangi produksi CH <sub>4</sub>
			<i>Laterine</i> /Lubang Kakus Kering	Produksi CH <sub>4</sub> (temperatur 7 waktu penyimpanan tertentu)
			Aliran Sungai	Kekurangan oksigen pada sungai/danau menyebabkan dekomposisi secara anaerobik yang menghasilkan CH <sub>4</sub>

Sumber: IPCC, (2006).

## 2.3 Transportasi

Transportasi secara umum diartikan sebagai perpindahan barang atau orang dari satu tempat ke tempat yang lain. Sedangkan menurut Sukarto (2006), transportasi atau



perangkutan adalah perpindahan dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan alat pengangkutan, baik yang digerakkan oleh tenaga manusia, hewan (kuda, sapi, kerbau), atau mesin.

Menurut Sherestha, *et al.* (2013), transportasi terbagi atas 2, yaitu *on-road* dan *off-road*. Transportasi *on-road* meliputi kendaraan ringan (mobil dan truk kecil), kendaraan berat (bis dan truk besar), dan sepeda motor (skuter, sepeda roda tiga, dsb.) Transportasi *off-road* merupakan kendaraan seperti penerbangan sipil, kereta api, dan berbagai jenis peralatan bergerak yang digunakan dalam pertanian, industri, kehutanan dan rumah tangga. Aktivitas *off-road* di bidang pertanian, industri, kehutanan dan rumah tangga, dikategorikan dalam manual ABC-EIM berupa 'Angkutan Lain'.

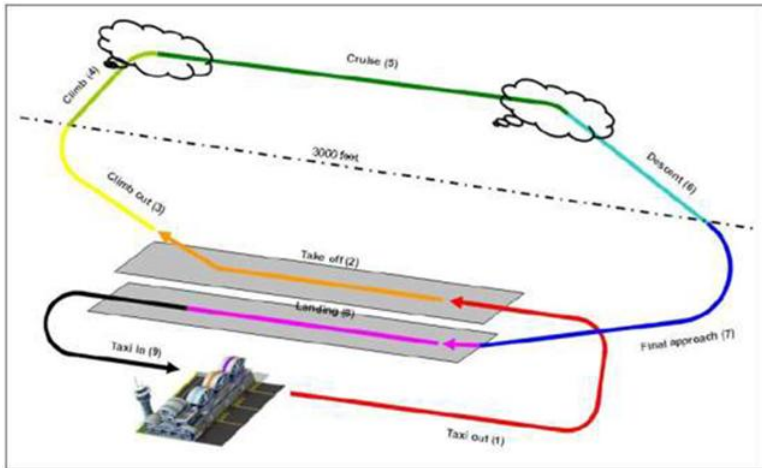
### **2.3.1 Transportasi On-Road**

Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI) (2010) menjelaskan, emisi kendaraan tidak mengikuti peningkatan jumlah kendaraan akibat adanya efisiensi relatif bahan bakar dan perbedaan tingkat emisi. Hanya sedikit mobil dan truk yang benar-benar menghasilkan emisi lebih besar daripada sepeda motor, yang jumlahnya jauh lebih besar. Transportasi darat adalah konsumen bahan bakar terbesar, hampir menjadi satu-satunya konsekuensi. Emisi secara umum dibagi antara penggunaan bensin dan solar.

Hafizah (2015) meneliti penggunaan transportasi Bandar udara Juanda. Hasil survei menunjukkan, mobil probadi sebesar 59,46%, sepeda motor 28,32%, taksi sebesar 10,32% dan bis damri sebesar 1,9%.

### **2.3.2 Transportasi Off-Road**

Dalam EMEP/EEA (2016), menyebutkan kegiatan LTO (*landing/take-off*) dan CCD (*climb/cruise/descent*) dalam inventarisasi emisi perlu diperhatikan baik penerbangan domestik maupun internasional. Berikut merupakan alur gambaran dan penjelasan LTO dan CCD.



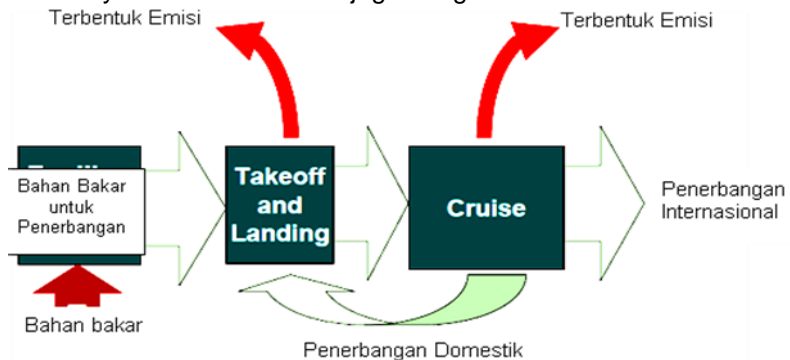
Gambar 2. 2 Alur Aktivitas Penerbangan Pesawat  
Sumber: EMEP/EEA, (2017).

Gambar 2.2 merupakan aktivitas pesawat berupa kegiatan berupa *taxi out – take off – climb out – climb – cruise – descent – final approach – landing – taxi in*. Secara garis besar, Wiratama (2016), menjelaskan serangkaian aktivitas tersebut, sebagai berikut:

1. *Taxi* adalah bergerak di darat, dari apron (tempat parkir pesawat). Pesawat bergerak pada *runway* (landas pacu) untuk mengambil posisi untuk *take off* ataupun setelah proses *landing*. Kecepatan saat *taxi* dibatasi, untuk menghindari tergulingnya pesawat saat berbelok dan menabrak dengan pesawat lain.
2. *Take off* (lepas landas), merupakan transisi pesawat dari darat ke udara. Mesin pesawat diposisikan pada daya yang tinggi untuk mendorong pesawat, agar bergerak maju hingga kecepatan tinggi tertentu. Kecepatan *take off* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti berat pesawat, desain sayap, kondisi udara, penggunaan *flap* dan *slat* (bagian dari sayap pesawat).
3. *Climb*, yaitu posisi pesawat menuju pada ketinggian tertentu untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal/*cruise*. Pesawat terbang meningkatkan *lift*/gaya angkat dengan cara

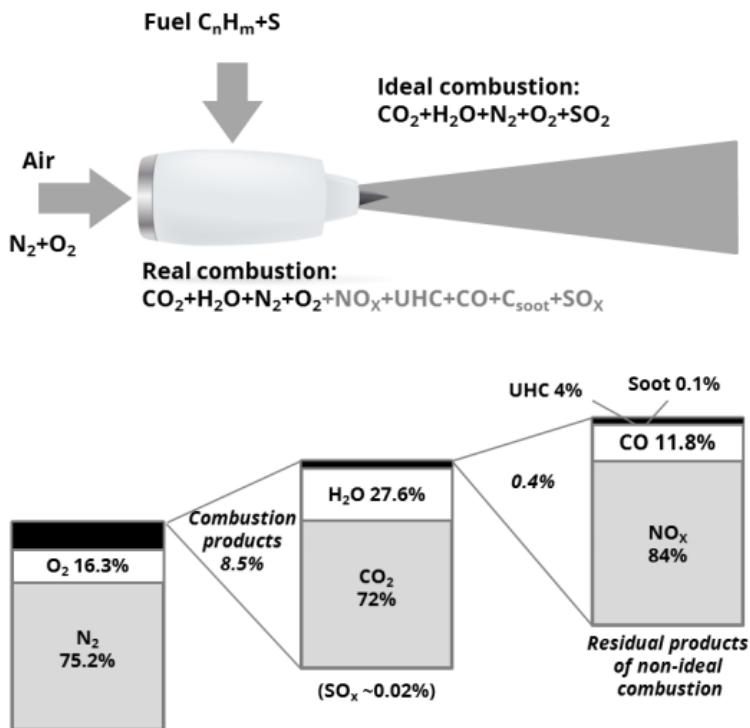
meningkatkan *angle of attack*/sudut serang dan meningkatkan daya pada mesin.

4. *Cruise* adalah saat dimana pesawat dalam keadaan terbang, menggunakan bahan bakar paling ekonomis dan kondisi desain yang optimal secara teknis. Saat *cruise*, pesawat bergerak dalam kondisi kecepatan dan ketinggian yang relatif konstan, hanya saja berubah arah haluan/*heading* yang mana gaya angkat sayap akan sama dengan berat pesawat.
5. *Descent*, yaitu ketika pesawat melakukan pergerakan turun dengan kecepatan konstan dengan mengatur daya mesin maupun *pitch*. Kondisi *descent* menuju bandara ini disebut dengan istilah *approaching* dan akhir dari *approaching* adalah pengambilan posisi untuk *landing*.
6. *Landing* adalah memposisikan pesawat dengan menurunkan kecepatan serendah mungkin supaya dapat menyentuh *runway* sehalus mungkin. Penurunan kecepatan tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan *flap* maupun *speed brakes* pada pesawat yang besar. Kondisi pesawat saat menyentuh darat disebut juga dengan *touch down*.



Gambar 2. 3 Diagram Alir Pengeluaran Emisi pada Kegiatan Penerbangan

Sesuai dengan gambar 2.3, emisi terbentuk terutama pada saat pesawat melakukan aktivitas *take off*, *cruise*, dan *landing*. Penelitian akan berfokus pada aktivitas yang dilakukan oleh pesawat di Bandar Udara, yaitu *take off* dan *landing*.



Gambar 2. 4 Diagram Alir Pengeluaran Emisi pada Kegiatan Penerbangan

Sumber: Rypdal dan Winther, (2007).

Pada Rypdal dan Winther (2007), skema gambar 2.4 menjabarkan pembakaran tidak sempurna pada pesawat dapat terjadi sebagai akibat kurang efisiensi dari mesin dan juga terhadap faktor lain yang mempengaruhi seperti kemampuan terbakarnya bahan bakar. 8,5% Hasil pembakaran, mengandung emisi  $CO_2$  sebanyak 72%, dan 0,4% yang merupakan residu hasil dari pembakaran tidak sempurna; 84% merupakan emisi  $NO_x$ .

Norton (2014) menjelaskan, saat bahan bakar jet dilepaskan, GRK terpapar ke atmosfer dan memiliki dampak langsung maupun tidak langsung. Beberapa gas dapat langsung *inert*, sedang sebagian lainnya dapat bereaksi dengan kimiawi lainnya untuk membentuk polutan yang sangat berbeda. Polutan yang baru akan

memberikan dampak pada lingkungan seperti *radiative forcing*, deplesi ozon, dan dampak lainnya yang dapat berpengaruh pada perubahan iklim. Sebagai contoh, CO<sub>2</sub> memberikan dampak panas di atmosfer. NO<sub>x</sub> akan teroksidasi bersama dengan CH<sub>4</sub> sehingga menghilangkan potensi pemanasan global dari atmosfer sehingga memberikan dampak dingin. Namun keduanya akan bereaksi di troposfer dan membentuk O<sub>3</sub>.

Norton (2014) memaparkan lebih lanjut, walau pesawat hanya terbang di troposfer, namun dampak dari emisi jetnya langsung ke stratosfer. Kekuatan radiasi mengubah energi bersih di bumi dan terasosiasi pada atmosfer dengan faktor eksternal.

## 2.4 Limbah Padat

Emisi dari pembakaran sampah dapat berarti pembakaran tidak diinginkan seperti kertas, kayu, plastik, tekstil, karet, limbah minyak, dan sampah lainnya di alam (udara terbuka). Sherestha, *et al.* (2013), menyatakan bahwa hal ini mengakibatkan asap dan emisi lain terpapar tanpa melalui cerobong asap atau *stack*. Pembakaran sampah dapat berarti emisi yang keluar dari insenerator tanpa ada alat kontrol untuk mengatur temperatur dan tidak memiliki waktu tinggal yang cukup untuk pembakaran sempurna.

IPCC (2006) menerangkan bahwa insinerasi dan pembakaran limbah secara terbuka merupakan sumber emisi gas rumah kaca, seperti jenis pembakaran lainnya. Gas yang dihasilkan berupa CO<sub>2</sub>, metana (CH<sub>4</sub>) dan *nitrous oxide* (N<sub>2</sub>O). Biasanya, emisi CO<sub>2</sub> dari limbah insinerasi lebih dominan daripada emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O. Emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari oksidasi, selama insinerasi dan pembakaran karbon yang terbuka dalam limbah asal fosil (misalnya, plastik, tekstil tertentu, karet, pelarut cair, dan limbah minyak) dianggap sebagai emisi bersih dan harus disertakan dalam perkiraan emisi CO<sub>2</sub> nasional. Emisi CO<sub>2</sub> dari pembakaran bahan biomassa (sebagai contoh kertas, makanan, dan limbah kayu) yang terkandung dalam limbah bersifat biogenik emisi dan tidak boleh dimasukkan dalam perkiraan emisi total nasional. Namun, jika insinerasi limbah digunakan untuk tujuan energi, baik emisi karbon fosil maupun biogenik harus diestimasi. Hanya fosil CO<sub>2</sub> yang harus disertakan emisi nasional di bawah Sektor Energi sementara CO<sub>2</sub> biogenik harus dilaporkan sebagai item informasi

juga di Sektor Energi. Selain itu, jika pembakaran, atau faktor lainnya, menyebabkan penurunan jangka panjang dalam total karbon yang terkandung dalam biomassa hidup (mis., hutan), pelepasan karbon bersih ini harus terbukti dalam perhitungan emisi CO<sub>2</sub> dijelaskan dalam Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya (AFOLU).

Berdasarkan pada laporan Oktaviani dan Kurniawaty (2016), pengolahan dengan insenerator dilakukan setiap satu hari sekali. Lokasi berada di belakang landasan, sehingga tidak dapat dilalui orang secara bebas. Insenerator memiliki 2 chamber, dengan *primary chamber* terdapat proses pembakaran dan pirolisa, penguraian material organik menjadi metana dan karbon monoksida. *Secondary chamber* mengolah hasil gas pembakaran agar ramah lingkungan dan udara disuplai oleh blower pada suhu 800°C - 1000°C. sehingga terurai menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

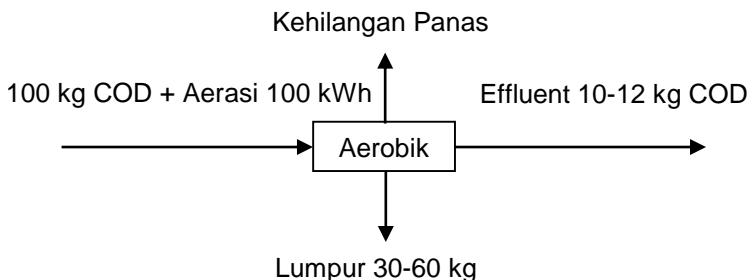
Tahapan pengolahan sampah oleh insenerato, disampaikan pada laporan Oktaviani dan Kurniawaty (2016) sebagai berikut:

1. Sampah dimasukkan ke *bucket*.
2. Diaktifkan tombol yang akan secara otomatis menunjukkan angka 600°C untuk chamber satu dengan suhu awal 28 °C dan 800 °C untuk chamber dua dengan suhu awal 29 °C.
3. Tekan *bucket up* sehingga keranjang sampah akan otomatis jalan keatas dan masuk ke dalam chamber (tungku) dan tekan *bucket down* untuk menurunkan keranjang untuk diisi sampah, begitu seterusnya hingga chamber satu penuh.
4. Tekan tombol *burner* dan tombol *on* pada keterangan fan 1 dan fan 2.
5. Saat pembakaran, dilakukan poses pengadukan sampah secara manual oleh petugas agar sampah tersebut cepat menjadi abu dalam waktu ±4-5 jam.
6. Ketika burner berada pada suhu 150 °C-200 °C, akan dimatikan untuk penghematan bahan bakar solar.
7. Fan akan menyala terus untuk mendinginkan chamber hingga keesokan harinya.
8. Abu hasil pembakaran diambil setelah melakukan lima kali pembakaran. Abu tersebut digunakan untuk menutup jalanan yang lubang di belakang area inserenator.

## 2.5 Limbah Cair

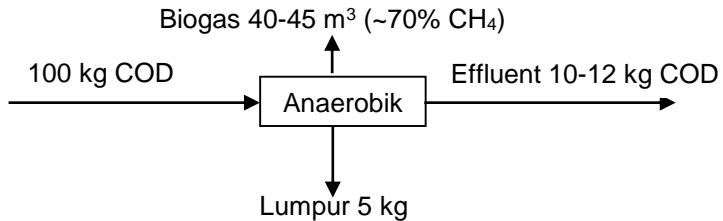
Pengolahan limbah cair di Bandar Udara Juanda dilakukan dengan menggunakan *Aerated Lagoon* untuk Terminal 1 dan *Anaerobic Reactor* untuk Terminal 2. Limbah cair yang dihasilkan diteliti berdasarkan pada limbah cair domestik oleh penumpang dan penjemput di Terminal 1 dan 2.

Menurut FUCHS (2011), keuntungan *Aerated Lagoon* adalah perawatannya mudah, dan dapat mengolah beban limbah yang tinggi dengan baik. Air limbah dengan daerah yang kurang padat harus diolah di *onsite*, dan terbukti berhasil. Daerah tangkapan yang luas dibutuhkan dengan saluran yang lebar. Sistem saluran yang luas akan memberikan beban yang kecil pada badan sungai. *Aerated Lagoon* memiliki proses yang sama dengan proses alami pada badan air yang mengalir. Degradasi secara biologis berdasarkan pada *attached growth*, dimana biomassa aktif membentuk biofilm dan menempel pada bagian *slope* dan dasar *lagoon*. Berikut merupakan contoh gambaran aliran karbon dan energi pada proses pengolahan aerobik 100 kg COD,



Gambar 2. 5 Diagram Alir Karbon dan Energi pada Pengolahan Aerobik  
Sumber: Lier, *et al.*, (2008).

Proses fermentasi material organik pada pengolahan anaerobik dijelaskan oleh Lier, *et al.*, (2008), yaitu terdegradasi dan terbentuk biogas (terutama  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ ). Pengolahan anaerobik dapat diterapkan pada skala apapun, dimanapun. Hasil kelebihan lumpur yang terproduksi sangatlah kecil dan stabil dengan baik. Prinsip aliran karbon/energi pada aerobik dan anaerobik konversi biologis berdampak luas pada pengolahan air limbah yang sesuai.



Gambar 2. 6 Diagram Alir Karbon dan Energi pada Pengolahan Anaerobik

Sumber: Lier, et al., (2008).

Laporan Oktaviani dan Kurniawaty (2016), menjelaskan proses pengolahan pada Terminal 1 (Unit Pengolahan Sewage Treatment Plant 1) sebagai berikut:

1. *Grease trap: removal* minyak dan lemak
2. *Sewage Lift Station* : sebagai tempat penampungan pertama, dengan 3 unit submersible pump. Cairan limbah yang kasar akan dialirkan kepada unit selanjutnya dengan sewage pipe concentrate.
3. *Aerated Lagoon* : menggunakan aerator MTO2 sebagai *supply* oksigen agar oksigen terlarut (DO) merata. Endapan yang berada di dasar kolam digunakan sebagai bahan perataan tanah di sekitar landasan Bandar Udara. Air yang berada di bagian atas, akan mengalir menuju kolam kedua, begitupula seterusnya hingga kolam ketiga. Air di kolam ketiga dimanfaatkan untuk penyiraman di wilayah Bandar Udara Juanda sebagai realisasi *eco-friendly Airport*.
4. *Sterilization* : dosis klorin 10 mg/L untuk *me-removal* bakteri yang mungkin terkandung didalam limbah.
5. *Maturation Pond* : Sebagai tempat penampungan akhir air limbah dan drainase.

Proses pengolahan pada Terminal 2 (Unit Pengolahan Sewage Treatment Plant 2) dalam laporan Oktaviani dan Kurniawaty (2016), dijelaskan sebagai berikut:

1. *Grease trap: removal* minyak dan lemak
2. Ruang Anaerobik 1 : limbah melalui media anaerob dan menghasilkan lumpur.



3. Ruang Ekualisasi : menyetarakan debit agar tidak terjadi fluktuasi aliran.
4. Ruang Anaerobik 2 : bakteri mengubah senyawa kompleks menjadi metan.
5. Ruang Biofiltrasi : volum ruangan mengandung 60% *polystyrene foam* dengan diameter 3 - 4 mm. Aliran berupa *down-up flow*, sehingga mengurangi kadar BOD dan SS.
6. Desinfektan dan WTP Penyaringan : penyaringan menggunakan media karbon dan pasir. Media *sand filter* berupa *gravel* dan pasir silika. Media *carbon filter* berupa *gravel*, pasir, dan *granular activated carbon*.
7. *Softener* : menghilangkan kesadahan air menggunakan media resin kation
8. *Sterilization* : sterilisasi dengan klorin.

## 2.6 Faktor Emisi

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah menjelaskan, faktor emisi adalah nilai/angka yang merepresentasikan besaran/kuantitas pencemar yang diemisikan ke atmosfer oleh suatu aktivitas. Nilai ini dapat dinyatakan dalam massa pencemar per unit berat, volume, jarak atau durasi suatu aktivitas mengemisikan pencemar tersebut. Angka faktor ini berasal dari nilai rata-rata statistik dari data pemantauan yang tersedia, yang umumnya diasumsikan telah merepresentasikan nilai rata-rata jangka panjang untuk suatu kategori sumber pada aktivitas/fasilitas yang spesifik.

Penentuan faktor emisi yang digunakan akan lebih tepat dan merepresentasikan kondisi di lapangan, berdasarkan pada skala daerah. PermenLH No.12 Tahun 2010 kembali menerangkan, bahwa pada saat 2010, KLH belum menetapkan faktor emisi yang berlaku secara nasional, sehingga penghitungan beban emisi dengan menggunakan metode faktor emisi, merujuk kepada nilai faktor emisi yang berlaku dan dicantumkan referensinya. Kementerian Lingkungan Jepang (*Ministry of the environment Japan*) (2011) menyatakan, bila tidak ada faktor emisi yang merepresentasikan situasi lokal yang sebenarnya, nilai *default* dalam manual dapat digunakan. Jika nilai *default* tersebut dianggap tidak sesuai, maka melalui pengukuran langsung.

Penelitian ini akan menggunakan faktor emisi berdasarkan pada ketentuan regulasi skala nasional, maupun manual dan referensi lainnya yang digunakan sebagai acuan.

### 2.6.1 Transportasi

Faktor emisi yang digunakan pada sektor transportasi *on-road* berdasarkan pada Permen-LH No.12 Tahun 2010 yang ditunjukkan pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2. 4 Faktor Emisi Transportasi Indonesia

Kategori	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/kg BBM)	(g/km)
<b>Sepeda Motor</b>	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
<b>Mobil penumpang (bensin)</b>	40	4	2	0,01	3180	0,026
<b>Bis</b>	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
<b>Taksi</b>	55,3	5,6	2,8	0,008	3180	0,023

Sumber: Permen-LH 12, (2010).

Perhitungan pada manual ABC-EIM menggunakan data konsumsi energi spesifik dan densitas bahan bakar untuk gas rumah kaca pada tabel 2.5 dan 2.6:

Tabel 2. 5 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor

No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)	No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)
1	Mobil Penumpang		5	Bemo/ Bajaj	10,99
	Bensin	11,79	6	Taksi	
	Diesel/Solar	11,36		Bensin	10,88
2	Bis Besar			Diesel/ Solar	6,25
	Bensin	23,15	7	Truck Besar	15,82
	Diesel/Solar	16,89	8	Truck Sedang	15,15
3	Bis Sedang	13,04	9	Truck Kecil	
4	Bis Kecil			Bensin	8,11
	Bensin	11,35		Diesel/	10,64

No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)	No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)
				Solar	
	Diesel/Solar	11,83	10	Sepeda Motor	2,66

Sumber: Yamin *et al.*, (2009)

Tabel 2. 6 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor

Bahan Bakar	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )
Bensin ( <i>Gasoline</i> )	750 <sup>a</sup>
Diesel/Solar	820 <sup>b</sup>

Sumber: a. Martinez, (2016), b. DITJEN MIGAS, (2004).

Default faktor emisi pesawat bergantung pada tipe pesawat. Berikut tabel 2.7 merupakan contoh faktor emisi pesawat.

Tabel 2. 7 Faktor Emisi Pesawat

Tipe Pesawat	CO (kg/LTO)	HC (kg/LTO)	NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	PM <sub>10</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	SO <sub>x</sub> (kg/LTO)
Boeing 737	11,8	0,6	8,3	0,07	2.600	0,8
Air Bus 320	17,6	1,7	10,8	0,009	2.527	0,8

### 2.5.2 Limbah Padat

Perhitungan pada inventarisasi limbah padat mengikuti faktor emisi pada ABC EIM pada tabel 2.8, yaitu:

Tabel 2. 8 Faktor Emisi insenerator Limbah Padat

CO (kg/ton)	NM VOC (kg/ton)	NO <sub>x</sub> (kg/ton)	PM <sub>10</sub> (kg/ton)	CO <sub>2</sub> (kg/ton)	SO <sub>2</sub> (kg/ton)
0,7	0,6	8,3	0,07	2.600	0,8

Sumber: Sherestha, *et al.*, (2013)

### 2.5.3 Limbah Cair

Sherestha, *et al.* (2013), menjabarkan bahwa limbah cair berasal dari domestik komersial dan industri, yang kemudian dapat diolah ditempat (*uncollected*), saluran terpusat (*collected*) atau dibuang pada saluran terdekat tanpa pengolahan, atau melalui terjunan. Limbah domestik merupakan limbah cair rumah tangga, sedangkan limbah cair industri berasal dari proses industri. Pengolahan dan sistem pengelolaan dapat berbeda, bergantung pada negara, penggunaan kota atau desa, atau kondisi dalam maju atau berkembang.

Doorn *et al.* (1997), menjelaskan bahwa saluran dapat terbuka atau tertutup. Daerah kota berkembang dengan penghasilan rendah, sistem pengelolaannya bisa saja berupa saluran, *gutter*, ataupun selokan dimana kondisi dalam keadaan terbuka. Sementara daerah kota berkembang dengan penghasilan tinggi, saluran biasanya tertutup dan berada dibawah tanah. Pada saluran tertutup, tidak terdapat sumber CH<sub>4</sub> yang besar. Sedangkan pada saluran terbuka, terdapat panas matahari yang memungkinkan kondisi anaerobik menjadi stagnan dalam memproduksi CH<sub>4</sub>.

Faktor emisi dalam perhitungan inventarisasi emisi sektor limbah dipengaruhi faktor koreksi metana dalam satuan fraksi terhadap kapasitas maksimum produksi metana. Berikut adalah tabel nilai faktor koreksi metana atau *methane correction factor* berdasarkan tabel 2.9 berikut:

Tabel 2. 9 Nilai Default MCF untuk Limbah Cair Domestik

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF <sup>1</sup>	Interval
Tanpa Perlakuan	Laut, Sungai, Danau	Sungai dengan kandungan beban organik berkonsentrasi tinggi dapat bersifat anaerobik	0,1	0-0,2
	Tempat Pembuangan Stagnan	Terbuka dan hangat	0,5	0,4-0,8
	Saluran Pembuangan Mengalir (Terbuka atau Tertutup)	Alirannya cepat, bersih (terdapat CH <sub>4</sub> dalam jumlah yang sedikit dari stasiun pompa, dll.)	0	0
Perlakuan	Unit Pengolahan Secara Aerobik dan Terpusat	Sistem harus terkelola dengan baik. Sejumlah CH <sub>4</sub> dihasilkan dari kolam penampungan dan	0	0-0,1
		Sistem yang tidak dengan terkelola baik. Penampungan yang berlebihan	0,3	0,2-0,4
	Pengolahan Lumpur Secara Anaerobik	Rekoveri CH <sub>4</sub> tidak dipertimbangkan	0,8	0,8-1,1
	Reaktor Anaerobik	Rekoveri CH <sub>4</sub> tidak dipertimbangkan	0,8	0,8-1,0

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF <sup>1</sup>	Interval
	Danau di Pinggir Laut ( <i>Lagoon</i> ) yang Dangkal	Kedalaman kurang dari 2 meter, menggunakan pertimbangan para ahli	0,2	0-0,3
	Danau di Pinggir Laut ( <i>Lagoon</i> ) yang Dalam	Kedalaman kurang dari 2 meter	0,8	0,8-1,0
	Sistem Septik	Terdapat setengah BOD dalam tangki penampungan	0,5	0,5
	Kakus	Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, keluarga kecil (3-5 orang)	0,1	0,05-0,15
		Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, komunitas (beberapa orang)	0,5	0,4-0,6
		Musim hujan,air tanah lebih tinggi dari kakus	0,7	0,7-1,0
		Pengendapan secara teratur dapat digunakan untuk pupuk	0,1	0,1

<sup>1</sup>Berdasarkan pertimbangan dari para ahli

Sumber: IPCC, (2006).

## 2.7 Tier

Tier merupakan pemilihan metodologi inventarisasi emisi menurut tingkat ketelitian. Berikut adalah penjelasan dari tingkatan tier, yaitu:

- **Tier 1:** Metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan dasar (*basic equation*) dan faktor emisi default pada manual (faktor emisi yang disediakan dalam ABC-EIM, IPCC 2006 GL, atau referensi lain yang digunakan sebagai acuan) dan data aktivitas yang digunakan sebagian bersumber dari sumber data global.
- **Tier 2:** Perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang lebih rinci misalnya persamaan reaksi atau neraca material dan menggunakan faktor emisi lokal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah.
- **Tier 3:** Metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan metode yang paling rinci (dengan pendekatan *modeling* dan

*sampling*). Dengan pendekatan modeling faktor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga emisi dan serapan akan memiliki tingkat kesalahan lebih rendah.

## **2.8 Atmospheric Brown Clouds (ABC) – Emission Inventory Manual (EIM)**

*Atmospheric Brown Clouds* (ABCs) merupakan layer yang luas mencakup skala regional polusi udara yang terdiri dari campuran sulfat antropogenik, nitrat, organik, karbon hitam, debu, dan abu terbang partikel. Penelitian terbaru menyarankan bahwa dampak dari ABCs dimana terdapat polutan iklim jangka pendek (*Short-Lived Climate Pollutants*/SLCPs) seperti karbon hitam dan ozon troposfer, telah mencapai titik kritis dan diperlukannya aksi mendesak.

Sherestha, *et al.*, (2013) menjelaskan, *Excel Workbook* dirancang sebagai alat untuk melaksanakan berbagai metode estimasi emisi dibahas dalam ABC- EIM. *Excel Workbook* telah disesuaikan formatnya menurut Panduan Inventarisasi Polusi Emisi Atmosferik Forum Global (*Global Atmospheric Pollution Forum Air Pollutant Emissions Inventory Manual*), EMEP/CORINAIR (2006) dan Pedoman IPCC (2006).

## **2.9 IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**

IPCC (2006), menjelaskan, ruang lingkup bahasan dalam volum sampah disesuaikan dengan IPCC 1996 Pedoman untuk Gas Rumah Kaca Nasional Persediaan, Direvisi (1996 Pedoman, IPCC, 1997) dan Pedoman Praktek Baik dan Manajemen Ketidakpastian Persediaan Gas Rumah Kaca Nasional (GPG 2000, IPCC 2000). Subkategori yang dibahas:

- pengelolaan biologis limbah padat : kompos, degradasi anaerobik di fasilitas biogas)
- Pembakaran limbah : pembakaran terbuka sampah dan insenerasi
- Pengelolaan limbah cair : pengelolaan limbah berdasarkan unit pengolahannya.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Umum**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara fluktuasi aktivitas Bandara Juanda pada sektor energi-transportasi, limbah-padat dan limbah-cair dengan besaran emisi yang dihasilkan melalui inventarisasi emisi. Sektor energi-transportasi akan berfokus pada kendaraan darat berupa angkutan umum dan kendaraan pribadi yang digunakan di Bandar Udara Juanda, dan pesawat yang melakukan aktivitas penerbangan. Sektor limbah-padat akan berfokus pada pengelolaan sampah yang dilakukan yaitu pembakaran oleh insenerasi. Sektor limbah-cair membahas pada pengelolaan limbah cair domestik yaitu *Aerated Lagoon* pada Terminal 1 dan *Anaerobic Reactor* di Terminal 2.

Tahapan penelitian dimulai dengan menjabarkan latar belakang sehingga didapatkan ide penelitian. Penelitian dilanjutkan dengan merumuskan masalah dan studi literatur yang mendukung pokok bahasan dalam penelitian. Tahapan persiapan dilakukan bersamaan dengan perizinan kepada Angkasa Pura 1, Cabang Bandar Udara Internasional Juanda. Dilakukan pengambilan data sekunder pada instansi Bandara Juanda sesuai dengan sektor yang akan diteliti. Data yang didapatkan berupa kegiatan LTO pesawat dari tahun 2006-2016, dan data penumpang domestik maupun internasional dari tahun 2009-2016.

Pengolahan data kemudian dilakukan menggunakan Software Microsoft Excel 2013; dengan panduan ABC-EIM untuk sektor energi-transportasi (*on-road* dan *off-road*) dan limbah padat, serta IPCC 2006 GL untuk Inventarisasi sektor limbah cair. Analisa data dilakukan berdasarkan korelasi fluktuasi kegiatan bandara terhadap hasil inventarisasi emisi pada parameter NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>. Pembahasan penelitian berdasarkan pada hasil analisa terkait korelasi antara aktivitas terhadap fluktuasi emisi yang dihasilkan, terutama pada gap yang mungkin didapatkan atau relevan terhadap hasil pengolahan. Hasil akhir penelitian berupa alternatif yang dapat dilakukan oleh Bandar Udara Juanda disesuaikan dengan kedudukan SDM (Sumber Daya Manusia) dan fasilitas yang tersedia.

### 3.2 Kerangka Pelaksanaan Penelitian

Kerangka pelaksanaan penelitian membantu penulis dalam melaksanakan penelitian, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Kerangka pelaksanaan penelitian digunakan untuk memberikan gambaran terhadap tahapan-tahapan yang dilakukan. Kerangka pelaksanaan penelitian mencakup metode penelitian yang meliputi ide awal penelitian, tahapan pelaksanaan penelitian, pembahasan hasil penelitian, dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

Langkah-langkah dari kerangka penelitian diharapkan dapat menghasilkan keluaran:

Tabel 3. 1 Keluaran Penelitian

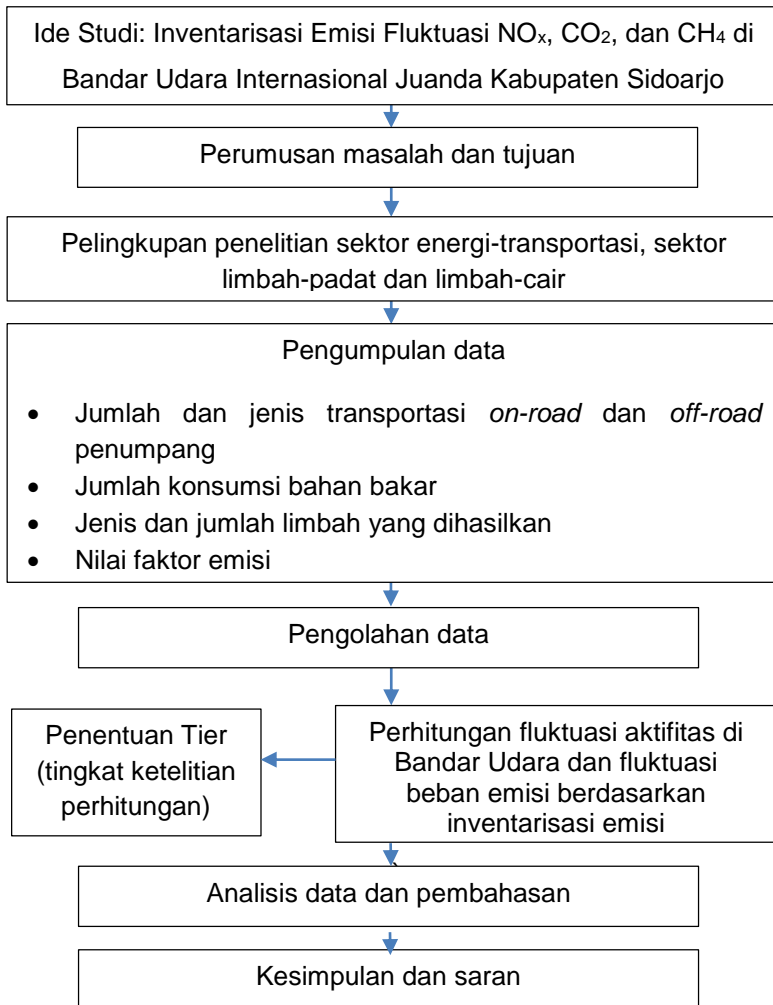
Tujuan Penelitian	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data	Teknik Analisis Data	Keluaran
Menghitung nilai beban emisi yang dihasilkan dari aktivitas kegiatan Bandar Udara Juanda Internasional kabupaten Sidoarjo untuk polutan NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , pada sektor energi-transportasi, limbah-padat dan limbah-cair	<ul style="list-style-type: none"><li>• Jumlah dan jenis transportasi <i>off-road</i> dan <i>on-road</i> penumpang</li><li>• Jumlah konsumsi bahan bakar</li><li>• Jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan</li><li>• Nilai faktor emisi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Survei Sekunder</li><li>• Studi Literatur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tabulasi</li><li>• Grafik</li></ul>	Nilai beban emisi, dan rekomendasi alternatif

Berikut adalah kerangka pelaksanaan penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini

Identifikasi permasalahan: padatnya aktifitas Bandar Udara Internasional Juanda Kabupaten Sidoarjo







Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

### 3.3 Perangkat dan Data-data Global dalam Penelitian

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini:

- Software Microsoft Excel 2013; dengan panduan ABC-EIM dan IPCC 2006 GL untuk sektor energi dan sektor limbah;

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- Jumlah dan jenis transportasi *on-road* dan *off-road* penumpang
- Jumlah konsumsi bahan bakar
- Jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan
- Nilai faktor emisi

### **3.4 Persiapan Penelitian**

Metode penelitian diawali dengan mengidentifikasi aktivitas apa saja yang terjadi di Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo. Tahapan persiapan meliputi, mengurus surat perijinan dan permohonan permintaan terkait data sekunder pada penelitian ini. Perijinan penelitian ini disampaikan kepada PT. Angkasa Pura I, Cabang Bandar Udara Internasional Juanda.

Tahap persiapan selanjutnya adalah dilakukan studi literatur teori berupa inventarisasi emisi, polutan yang akan diinventarisasi, sektoral yang akan diteliti, tingkat ketelitian (Tier), metodologi inventarisasi emisi, faktor emisi.

### **3.5 Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian terdiri dari metode pengumpulan data dan pengolahan data. Pada penelitian ini dibutuhkan data sekunder. Sumber emisi yang di inventarisasi meliputi:

1. Sektor Energi
  - Jenis pesawat dan bahan bakar yang dikonsumsi
  - Jenis kendaraan angkut penumpang yang digunakan di Banda Udara Juanda dan bahan bakar yang dikonsumsi
2. Sektor Limbah
  - Jenis limbah yang dihasilkan
  - Jenis pengolahan yang digunakan

#### **3.5.1 Metode Pengumpulan Data**

Pendekatan dalam pengumpulan data dilakukan secara pendekatan sektoral atau pendekatan *Bottom-Up (Sectoral Approach)* ; pendekatan berdasarkan pada setiap jenis sektor yang diteliti sehingga didapatkan total beban emisi polutan yang diteliti). Emisi dikelompokkan menurut sektor kegiatan, seperti: energi-transportasi *on-road* dan *off-road*, limbah-padat domestik dan

limbah-cair domestik. Data yang diperoleh merupakan data sekunder, meliputi:

1. Jumlah dan jenis transportasi: Dibutuhkan data jumlah dan jenis transportasi *on-road* dan *off-road* penumpang. Data yang dimiliki oleh PT. Angkasa Pura I dan melalui studi referensi.
2. Konsumsi Bahan Bakar : Dibutuhkan data jumlah konsumsi bahan bakar pesawat dan transportasi darat setiap tahunnya, melalui studi referensi.
3. Jenis Limbah : Dibutuhkan jenis limbah-padat domestik dan limbah-cair domestik yang dihasilkan, beserta pengolahan. Data yang dimiliki oleh Bandara Juanda dan melalui studi referensi.
4. Faktor Emisi : Data faktor emisi digunakan dalam perhitungan beban emisi yang dihasilkan tiap sektor, melalui studi referensi.

### 3.5.2 Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan kemudian diolah melalui persamaan yang telah ditentukan.

Data diolah jika tanpa ada rencana pengendalian (penurunan emisi),

$$E = DA \times FE \text{ (persamaan 1)}$$

Data diolah jika ada rencana pengendalian (penurunan emisi), Keterangan pada rumus diatas, yaitu:

- E = emisi yang akan dihitung
- FE = faktor emisi, menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas. Dipengaruhi oleh jenis alat dan teknologi alat.
- DA = data aktivitas yang berpotensi mengeluarkan emisi, dipengaruhi oleh tier (tingkat perhitungan).

#### 3.5.2.1 Sektor Energi – Transportasi

Berikut adalah penjelasan untuk pengolahan data pada pada sektor energi transportasi. Transportasi yang akan diteliti terbagi atas 2 kategori, yaitu *on-road* dan *off-road*.

##### a. Transportasi : *on-road*

Keseluruhan data akan dihitung kadar emisi untuk polutan NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> menggunakan ABC-EIM Excel 2013. Sesuai

dengan persamaan 1, menggunakan Tier 2. Faktor emisi berbasis kilometer jalan kendaraan (panjang perjalanan rerata kendaraan pertahun) untuk transportasi *on-road*. Faktor emisi yang digunakan pada Tier 2 adalah faktor emisi nasional (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010) sebagaimana pada tabel 2.6 dan 2.7.

Data yang didapatkan berupa jumlah penumpang pesawat baik domestik maupun internasional, baik penerbangan kedatangan maupun keberangkatan. Melalui referensi, data penumpang di koversikan menjadi transportasi *on-road*/kendaraan angkut penumpang sebagai estimasi pengantaran atau penjemputan penumpang. Aktivitas data diperoleh dari perkalian volume kendaraan dikalikan dengan panjang jalan.

Pada perhitungan untuk transportasi *on-road*, menggunakan faktor emisi yang memiliki satuan g/kg BBM. Dibutuhkan data densitas (kg/L) masing-masing bahan bakar, serta konsumsi energi spesifik (L/km) untuk tiap jenis kendaraan bermotor. Berikut gambar 3.2 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013 untuk kolom densitas bahan bakar hingga rata-rata panjang jalan. Berikut gambar 3.2 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013, kolom densitas bahan bakar, volum kendaraan dan presentase ketidakpastian data.

	A	B	C	D	E
4	SOURCE SECTOR : 1				
5	1.3. TRANSPORTATION				
6	1.3.1. Road				
7					
8					
9				A	
10					
11					
12	Fuel	Vehicle class	Sg Fuel specific gravity  (kg/m3)	Number of vehicles in circulation	Activity data uncertainty (%)
13	Gasoline	Passenger cars (Uncontrolled)	750	9839192	0

Gambar 3. 2 Worksheet ABC-EIM Kolom Densitas Bahan Bakar, Volum Kendaraan, Persentase Ketidakpastian Data

Panjang jalan pada perhitungan arus lalu lintas ditentukan berdasarkan saat kendaraan melalui gerbang pintu masuk - area pengantaran atau penjemputan penumpang (*drop by/pick-up*) -

keluar gerbang. Berikut gambar 3.3 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013, Kolom Total Jarak Perjalanan tiap

SOURCE SECTOR : 1 1.3. TRANSPORTATION 1.3.1. Road						
		B  Average distance travelled per vehicle  (km/yr.vehicle)	C  Total distance km travelled (km/year)			
Fuel	Vehicle class					
			Low	Central	High	
Gasoline	Passenger cars (Uncontrolled)	2.61	25654610.83	25680291.12	25705971.41	

kendaraan dan Total Jarak Perjalanan

Gambar 3. 3 Worksheet ABC-EIM Kolom Total Jarak Perjalanan tiap kendaraan (km/tahun.kendaraan) dan Total Jarak Perjalanan (km/tahun)

Perhitungan kolom total jarak perjalanan dalam km tiap tahun akan dihitung berdasarkan densitas bahan bakar, volum kendaraan, dan persentase ketidakpastian data, rata-rata panjang jalan. Hasil perhitungan terbagi atas estimasi *low* (rendah), *central* (sentral) dan *high* (tinggi), namun penelitian ini hanya akan membahas untuk tingkat *low* saja. Berikut gambar 3.4 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013, kolom contoh faktor emisi NO<sub>x</sub> dan hasil beban emisi.

SOURCE SECTOR : 1 1.3. TRANSPORTATION 1.3.1. Road						
Fuel	Vehicle class	D  NOX emission factor (g/km)  (Suggested values)			E  NO <sub>x</sub> emissions (Tonnes)  E= C x D /1000000	
					(Put your values)	
		Low	Central	High	Low	Low

Gambar 3. 4 Worksheet ABC-EIM Kolom Faktor Emisi (g/km)

Faktor emisi yang digunakan merupakan faktor emisi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010 (tabel 2.5), sehingga perhitungan ini termasuk pada perhitungan Tier 2.

$$E = \text{BBK} \times \text{TSJK} \times \text{TJT} \times \text{FE} \text{ (persamaan 3)}$$

- BBK = konsumsi bahan bakar (ton)  
= berat jenis bahan bakar ( $\text{kg/m}^3$ ) x Konsumsi energi Spesifik (L/km)
- TSJK = total sirkulasi jumlah kendaraan
- TJT = total jarak tempuh (km/tahun)

Perhitungan untuk beban emisi untuk parameter  $\text{NO}_x$  adalah perkalian antara total jarak tempuh dengan faktor emisi. Parameter  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  perkalian antara konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi.

Hasil dari perhitungan berupa besaran emisi polutan dalam ton untuk satu tahun. Perhitungan untuk setiap polutan adalah sama untuk data setiap tahunnya. Perhitungan meliputi beban emisi yang dihasilkan untuk parameter  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  di Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo. Selanjutnya dilakukan pengeplotan ke dalam grafik sehingga didapatkan fluktuasinya.

#### b. Transportasi : *off-road* (pesawat)

Estimasi emisi dari pesawat berbahan bakar avtur. Sesuai dengan manual ABC-EIM data yang dibutuhkan adalah kegiatan LTO. Perhitungan dilakukan berdasarkan jenis pesawat yang digunakan, jumlah LTO yang dilakukan untuk setiap jenis pesawat, dan parameter emisi yang akan diteliti. Berikut gambar 3.5 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013, kolom jenis pesawat, volum LTO, presentase ketidakpastian data, dan konsumsi bahan bakar setiap kegiatan LTO.

SOURCE SECTOR : 1 1.3. TRANSPORTATION 1.3.2. Air				
Back				
Fleet categories	A		B	
	Total number of LTOs per aircraft type per year	Activity data uncertainty	Fuel consumption per LTO (kg/LTO)	
			Chosen value	Suggested value
		(%)		

Gambar 3. 5 Worksheet ABC-EIM Kolom Jenis Pesawat, Volum LTO, Persentase Ketidakpastian Data, dan Konsumsi Bahan Bakar untuk Setiap Kegiatan LTO

Data yang didapatkan berupa besarnya kegiatan LTO untuk setiap jenis pesawat selama satu tahun. Dillakukan perhitungan beban emisi sesuai dengan persamaan dibawah ini:

$$E = ((TLTO \times FE_{LTO}))/1000 \text{ (persamaan 4)}$$

- E = total emisi pada setiap jenis polutan (ton)
- TLTO = total kegiatan LTO untuk setiap jenis penerbangan dalam satu tahun dengan ketidak pastian data (dalam persen (%))
- $FE_{LTO}$  = faktor emisi polutan saat aktivitas LTO (kg/ton)

Perhitungan seluruh jenis polutan adalah sama, memenuhi persamaan diatas. Emisi total adalah emisi yang dikeluarkan untuk seluruh jenis pesawat pada penerbangan domestik dan internasional. Berikut gambar 3.6 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013, kolom faktor emisi tiap kegiatan LTO dan *cruise*, serta hasil beban emisi.

	A	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
		L		M		N		
	Fleet categories	NOx emission factor per LTO		NOx emission factor for cruise activities		NOx emissions (Tonnes)		
		(kg/LTO)		(kg/Tonne)		N = ((A x L))/1000		
		Chosen value	Suggested value	Chosen value	Suggested value	Low	Central	High
	Domestic flight							
	A320	11.28	10.8	11	10.3	409.46	409.87	410.28

Gambar 3. 6 Worksheet ABC-EIM untuk Faktor Emisi aktivitas LTO dan Kolom Beban Emisi

Inventarisasi di Bandar Udara Juanda hanya berfokus pada kegiatan LTO sehingga kegiatan *cruise* dapat diabaikan.

Hasil dari perhitungan berupa besaran emisi polutan dalam ton untuk satu tahun. Perhitungan untuk setiap parameter emisi adalah sama untuk data setiap tahunnya. Hasil perhitungan terbagi atas estimasi *low* (rendah), *central* (sentral) dan *high* (tinggi), namun penelitian ini hanya akan membahas untuk tingkat *low* saja. Perhitungan meliputi beban emisi yang dihasilkan untuk parameter NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> di Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo. Selanjutnya dilakukan pengeplotan ke dalam grafik sehingga didapatkan fluktuasinya.

### 3.5.2.2 Sektor Limbah – Limbah Padat Domestik dan Limbah Cair Domestik

Limbah padat domestik difokuskan pada perhitungan timbulan sampah yang di insenerasi. Pembentukan limbah padat diperkirakan dari laju timbulan sampah per kapita oleh penumpang pesawat maupun penjemput atau pengantar di Bandar Udara Juanda pada tahun 2009-2016. Inventarisasi emisi melalui pengolahan insenerasi. Perhitungan berdasarkan pada manual ABC-EIM Excel 2013.

Inventarisasi yang dilakukan berdasarkan pada limbah cair domestik yang dihasilkan penumpang pesawat maupun penjemput atau pengantar di Bandar Udara Juanda pada tahun 2009-2016. Perhitungan berdasarkan pada pengolahan secara *Aerobic Lagoon* (aerobik) dan *Anaerobic Reactor* (anaerobik). Perhitungan menggunakan *Worksheet* IPCC 2006 GL Excel 2013.

#### a. Insenerasi

*Worksheet* ABC-EIM yang digunakan adalah pada sektor limbah padat yang terolah oleh *open burning*, namun faktor-faktor yang digunakan dalam perhitungan adalah untuk sektor insenerasi. Hal ini dikarenakan data yang didapatkan pada penelitian kurang spesifik. Perhitungan tetap relevan walaupun dihitung pada sektor yang berbeda.

Dihitung beban emisi polutan per tahun sesuai dengan persamaan berikut:

$$E = (T_{LPT}/1000 \times FE) \text{ (persamaan 5)}$$

- E = total emisi pada setiap jenis polutan (ton).
- $T_{LPT}$  = total limbah padat terolah (Ggram)  
= Pengguna Bandar Udara Juanda x ketidakpastian data (%) x timbulan sampah per kapita (kg/orang.hari) x efisiensi pengumpulan sampah ( $\epsilon$ ) (%) x fraksi pembakaran ( $\delta$ ) x efisiensi pembakaran
- FE = faktor emisi polutan

Berikut gambar 3.7 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013, kolom populasi, ketidakpastian data, timbulan sampah terolah, dan efisiensi pengumpulan sampah.



<b>SOURCE SECTOR: 4</b> <b>OPEN BURNING</b> Sub-sector : 4.3. Solid waste open burning 4.3.2. Open burning at disposal site			
<div>Back</div>			
Activity	A		C
	Number of urban population (P)	Activity data uncertainty (%)	per kapita solid waste generation factor (kg/capita/year)
			MSW collection efficiency (ε) (%)
			Value <sup>a</sup>
			Chosen value
			Low

Gambar 3. 7 Worksheet ABC-EIM Kolom Populasi, Ketidakpastian data, Timbulan Sampah Terolah, Efisiensi Pengumpulan Sampah

Berikut gambar 3.8 merupakan tampilan manual ABC-EIM Excel 2013, kolom fraksi pembakaran ( $\delta$ ), fraksi timbulan sampah terbakar, efisiensi pembakaran.

SOURCE SECTOR: 4 OPEN BURNING Sub-sector : 4.3. Solid waste open burning 4.3.2. Open burning at disposal site								
Activity	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Fraction of burned waste in disposal sites (δ)	Fraction of combustible MSW (0-1)	Burning efficiency (η <sub>ds</sub> )	Total solid waste burnt in disposal/dumping sites (Tonnes/year)	NO <sub>x</sub> emission factor (kg/tonne) biomass burned	NO <sub>x</sub> emissions (Tonnes)	CO <sub>2</sub> emission factor (kg/Tonne) biomass burned	CO <sub>2</sub> emissions (Tonnes)
				$F = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J /1000$		$Y = G \times X/1000$
				Low	Chosen value	Low	Chosen value	Low

Gambar 3. 8 Worksheet ABC-EIM Kolom Fraksi Pembakaran ( $\delta$ ), Fraksi Timbulan Sampah Terbakar, Efisiensi Pembakaran

Hasil dari perhitungan berupa besaran emisi polutan dalam ton untuk satu tahun. Perhitungan untuk setiap polutan adalah sama untuk data setiap tahunnya. Hasil perhitungan terbagi atas estimasi *low* (rendah), *central* (sentral) dan *high* (tinggi), namun penelitian ini hanya akan membahas untuk tingkat *low* saja. Perhitungan meliputi beban emisi yang dihasilkan untuk parameter NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> di Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo. Selanjutnya dilakukan pengeplotan ke dalam grafik sehingga didapatkan fluktuasinya.

## b. Limbah Cair Domestik

Data jumlah tahunan limbah cair yang diolah, dihitung secara bertahap menggunakan *default* IPCC 2006 GL

(perhitungan menjadi tier 1). Pertama, dihitung total organi terdegradasi dalam limbah, memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\text{TOW} = P \times \text{BOD} \times I \text{ (persamaan 6)}$$

- TOW = senyawa organik total limbah cair (kg BOD/tahun)
- P = populasi
- BOD = Biological Oxygen Demand, default Indonesia 35-40 gram/populasi.hari
- I = faktor koreksi BOD yang dibuang ke selokan (sewer), dimana default untuk *collected* 1,25 dan untuk *un-collected* 1.

Berikut gambar 3.9 merupakan tampilan manual IPCC 2006 GL Excel 2013, kolom penentuan bahan organik dari limbah cair domestik yang dapat terdegradasi

A	B	C	D	E	F	G
Sector	Waste					
Category	Domestic Wastewater Treatment and Discharge					
Category Code	4D1					
Sheet	1 of 3 Estimation of Organically Degradable Material in Domestic Wastewater					
	A	B	C	D		
Region or City	Population (P) cap	Waste water perperson (L/cap/yr)	BOD influent (mg/L)	Degradable organic component (BOD) (kg BOD/yr)	Correction factor for industrial BOD discharged in sewers (I)	Organically degradable material in wastewater (TOW) (kg BOD/yr) D = B x C

Gambar 3. 9 Worksheet IPCC 2006 GL Penentuan Bahan Organik dari Limbah Cair Domestik yang dapat Terdegradasi

Dilakukan perhitungan faktor emisi, sesuai dengan pengolahan unit, memenuhi persamaan berikut:

$$\text{EF}_j = \text{Bo} \times \text{MCF}_j \text{ (persamaan 7)}$$

- EF<sub>j</sub> = faktor emisi (kg CH<sub>4</sub>/kg BOD)
- Bo = kapasitas maksimum produksi CH<sub>4</sub> untuk limbah cair, dengan perkotaan memiliki nilai 0,25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD atau 0,6 kg CH<sub>4</sub>/kg COD
- MCF<sub>j</sub> = faktor koreksi metan (fraksi)

Sehingga keseluruhan emisi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E = [\sum_{i,j} (U_i \times T_{ij} \times \text{EF}_j) \times (\text{TOW} - S)] - R \text{ (persamaan 8)}$$

- E = total emisi pada setiap jenis polutan (ton) dimana perhitungan dilakukan untuk jenis polutan CH<sub>4</sub>,

sehingga harus diekivalensi kembali menurut polutan yang dicari.

- $U_i$  = fraksi populasi
- $T_{ij}$  = derajat nilai penggunaan terhadap unit pengolahan limbah cair dalam setiap fraksi
- $S$  = komponen organik sebagai lumpur (kg BOD/tahun)
- $R$  = jumlah  $CH_4$  yang terkover (kg  $CH_4$ /tahun)

Hasil dari perhitungan berupa besaran emisi polutan dalam ton untuk satu tahun. Perhitungan untuk setiap polutan adalah sama untuk data setiap tahunnya. Hasil perhitungan terbagi atas estimasi *low* (rendah), *central* (sentral) dan *high* (tinggi), namun penelitian ini hanya akan membahas untuk tingkat *low* saja.

Berikut tampilan manual IPCC 2006 GL Excel 2013 gambar 3.10 merupakan faktor emisi  $CH_4$  untuk limbah cair domestik dan gambar 3.11 merupakan estimasi emisi  $CH_4$  untuk limbah cair domestik.

H	I	J	K	L
Sector	Waste			
Category	Domestic Wastewater Treatment and Discharge			
Category Code	4D1			
Sheet	2 of 3 Estimation of CH4 emission factor for Domestic Wastewater			
		A	B	C
	Type of treatment or discharge	Maximum methane producing capacity (B0) (kg CH4/kgBOD)	Methane correction factor for each treatment system (MCFj)	Emission factor (EFj) (kg CH4/kg BOD)
			see page 13 in V5_6_Ch6_Wastewater	C = A x B

Gambar 3. 10 Worksheet IPCC 2006 GL Faktor Emisi  $CH_4$  untuk Limbah Cair Domestik

M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Sector	Waste							
Category	Domestic Wastewater Treatment and Discharge							
Category Code	4D1							
Sheet	3 of 3 Estimation of CH4 emissions from Domestic Wastewater							
		A	B	C	D	E	F	G
	Type of treatment or discharge pathway	Fraction of population income group (U i) (fraction)	Degree of utilization (T i j) (fraction)	Emission Factor (EF j) (kg CH4/kg BOD)	Organically degradable material in wastewater (TOW) (kg BOD/yr)	Sludge removed (S) (kg BOD/yr)	Methane recovered and flared (R) (kg CH4/yr)	Net methane emissions (CH4) (kg CH4/yr)
		Urban-high	Urban-high	Sheet 2 of 3	Sheet 1 of 3			$G = [(A \times B \times C) \times (D - E)] - F$

Gambar 3. 11 Worksheet IPCC 2006 GL Estimasi Emisi  $CH_4$  untuk Limbah Cair Domestik

### **3.5.3 Analisis Data dan Pembahasan**

Analisa data dilakukan untuk menganalisis nilai beban emisi dari setiap sektor yang telah diperoleh, sehingga dapat dilakukan inventarisasi. Inventarisasi beban emisi disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisa dan pembahasan meliputi beban emisi dari pembakaran bahan bakar untuk transportasi *on-road* dan *off-road*, serta limbah padat dan limbah cair yang dihasilkan di kawasan Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo. Dilakukan *plotting* pada data yang telah didapatkan dan dilakukan analisis berdasarkan fluktuasi yang dihasilkan. Pembahasan dari besaran emisi kemudian akan dituangkan kedalam rekomendasi berupa alternative yang disesuaikan dengan kemampuan PT. Angkasa Pura I, Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo.

### **3.5.4 Kesimpulan dan Saran**

Pada penelitian ini, kesimpulan diperoleh dari hasil analisis dan pembahasan. Kesimpulan berisi mengenai besaran beban emisi pada kawasan Bandar Udara Internasional Juanda, Kabupaten Sidoarjo untuk masing-masing sektor.

Saran diberikan berdasarkan hasil dari kesimpulan dan kendala yang terjadi selama penelitian. Saran juga diberikan mengenai pengembangan yang bisa dilakukan setelah penelitian ini selesai dilakukan.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bandara Udara Internasional Juanda Kabupaten Sidoarjo sangat padat dengan aktivitasnya. Segala aktivitas yang dilakukan mengeluarkan emisi yang tidak sedikit.

#### **4.1 Data Aktivitas Sumber Emisi Bandar Udara Internasional Juanda**

Sumber emisi yang dihasilkan oleh aktivitas Bandar Udara Juanda yang akan mencakup pembahasan pada penelitian kali ini terletak pada sumber emisi sektor transportasi *on-road* (sebagai antar/jemput penumpang), transportasi *off-road* (sebagai aktivitas utama Bandar udara), pengolahan limbah padat domestik (dengan insenerator) dan limbah cair domestik (dengan pengolahan *aerobic lagoon* dan *anaerobic reactor*).

##### **4.1.1 Data Aktivitas Sumber Emisi Sektor Energi**

Aktivitas Bandar Udara Juanda pada sektor energi yaitu transportasi, meliputi aktivitas *on-road* (kendaraan angkut penumpang) dan *off-road* (pesawat).

Sumber emisi pada kegiatan transportasi *on-road* akan didapatkan melalui data penumpang pada tahun 2009-2016. Data penumpang akan dikonversikan menjadi kendaraan darat berdasarkan penelitian Hafizah (2015) sebagai aktivitas antar/jemput penumpang. Kendaraan darat yang di analisis berupa mobil pribadi, motor, taksi dan Bis Damri. Data dilampirkan pada tabel 1, Lampiran II.

Sumber emisi dari kegiatan *off-road* berupa kegiatan LTO. Aktivitas LTO pada Bandar Udara Juanda tercatat oleh PT. Angkasapura dari tahun 2006-2016 seluruh penerbangan domestik dan internasional, kedatangan maupun keberangkatan. Seluruh jenis tipe pesawat, maupun helikopter yang terlayani di Bandar Udara Juanda. Data spesifik akan dilampirkan pada tabel 5, Lampiran II.

Berikut tabel 4.1 ditampilkan rekapan data kedatangan baik penerbangan domestik maupun internasional setiap bulan untuk tahun 2006-2016, sedangkan keberangkatan disampaikan pada tabel 4 lampiran II.

Tabel 4. 1 Contoh Rekapitan Kedatangan untuk Penerbangan Domestik dan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda Sidoarjo Tahun 2006-2016

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG
2006	3.683	3.247	3.502	3.441	3.545	3.823	4.229	4.153	3.810	3.793	4.196	4.197
2007	3.722	3.102	3.724	3.473	3.469	3.452	3.758	3.854	3.533	3.816	3.853	4.106
2008	3.869	3.657	3.869	3.529	3.612	3.748	3.791	3.555	3.625	3.883	3.736	4.015
2009	3.929	3.390	3.809	3.971	4.126	3.895	4.121	3.798	3.789	4.247	3.941	4.198
2010	4.030	3.814	3.775	4.112	4.467	4.255	4.151	3.848	4.125	4.297	4.268	4.819
2011	4.770	4.123	4.650	4.264	4.523	4.791	5.027	4.667	5.022	5.357	5.190	5.484
2012	5.481	4.943	5.474	5.185	5.372	5.641	5.615	5.939	5.840	6.153	6.200	6.247
2013	6.190	4.967	5.702	5.682	5.950	5.967	5.515	6.180	5.741	5.956	5.764	6.009
2014	5.898	4.589	5.458	5.106	5.621	5.628	5.435	6.063	6.200	5.970	5.815	6.324
2015	5.680	4.803	5.308	5.539	5.924	5.446	6.044	6.061	5.520	5.833	5.771	6.576
2016	6.448	5.776	6.345	6.036	6.372	5.880	6.859	6.246	6.003	6.174	5.887	6.291

Sumber: PT. Angkasa Pura I, (2017).

Tabel 4. 2 Rekapitan Penumpang untuk Penerbangan Domestik dan Internasional di Bandar Udara Internasional Juanda Sidoarjo Tahun 2009-2016

Jenis Penumpang	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Penumpang Domestik	8897165	10105770	11445498	13935017	15016284	14788759	14553128	16545568
Penumpang Domestik Transit	577857	671755	686447	805427	823705	755891	903730	1105147
Penumpang Internasional	1138294	1212830	1415883	1481840	1794161	1740420	1687053	1832661
Penumpang Internasional Transit	20409	13744	4830	0	0	0	0	0

Sumber: PT. Angkasa Pura I, (2017).

Tabel 4.2 diatas, merupakan data yang diberikan dari PT. Angkasa Pura I. Rekapitan yang dilakukan merupakan keseluruhan penerbangan kedatangan maupun keberangkatan domestik maupun international.

Data yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan *on-road* merupakan data penumpang (tidak melakukan transit) yang kemudian dihitung berdasarkan kendaraan yang akan mengangkutnya.

#### 4.1.2 Data Aktivitas Sumber Emisi Sektor Limbah

Sumber emisi sektor limbah berasal dari data penumpang pesawat baik yang melakukan kedatangan maupun keberangkatan untuk penerbangan domestik maupun internasional. Data yang tersedia adalah dari tahun 2009-2016 kemudian di konversikan menjadi timbulan sampah dan air limbah yang dihasilkan.

Data untuk sektor limbah padat domestik (sampah) terhitung untuk seluruh penumpang termasuk pada pengantar/penjemput. Data untuk sektor limbah cair domestik terhitung untuk seluruh penumpang termasuk pada pengantar/penjemput, terbagi atas penerbangan domestik untuk Terminal 1 dan Penerbangan internasional untuk Terminal 2. Pada limbah padat domestik, data akan dihitung berdasarkan pada proses insenerasi melalui manual ABC EIM. Limbah padat yang dilakukan proses pengolahan oleh insenerator hanya pada sampah yang kering atau setengah kering namun tidak dapat dijual.

Limbah cair domestik dihitung berdasarkan bangunan pengolahan melalui manual IPCC GL 2006. Terminal 1 menggunakan bangunan pengolahan limbah berupa *Aerated Lagoon*

(proses aerobik), sedangkan pada Terminal 2 menggunakan bangunan pengolah limbah berupa *Anaerobic Reactor* (proses anaerobik).

## 4.2 Perhitungan Beban Emisi Bandar Udara Internasional

### Juanda untuk Parameter NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>

Perhitungan beban emisi pada sektor energi untuk *on-road* (kendaraan angkut penumpang) dan *off-road* (pesawat), akan dihitung berdasarkan manual ABC-EIM.

#### 4.2.1 Perhitungan Beban Emisi Sektor Energi - Transportasi

##### a. Transportasi : *on-road*

Dasar perhitungan sektor energi transportasi *on-road* (kendaraan angkut penumpang) menggunakan data penumpang yang melakukan pemberangkatan dan kedatangan baik penerbangan domestik maupun internasional. Berdasarkan penelitian oleh Hafizah (2015), mobil pribadi sebesar 59,46%, sepeda motor 28,32%, taksi sebesar 10,32% dan bis damri sebesar 1,9%. Berikut merupakan contoh perhitungan pada tahun 2016.

$$\begin{aligned} A_{2016} &= P_{\text{Terminal 1}} \times Pr / PA \text{ (persamaan 13)} \\ &= 8.897.165 \times 1,9\% / 27 \\ &= 6.502 \text{ bis} \end{aligned}$$

Didapatkan armada bis pada terminal 1 untuk tahun 2016 sebanyak 6.502. Bis Damri mampu mengangkut 27 orang sesuai dengan penelitian Rasyid (2015). Perhitungan dilakukan melalui cara yang sama untuk kendaraan mobil, sepeda motor, dan taksi baik pada terminal 1 maupun terminal 2. Asumsi setiap kendaraan mobil, sepeda motor, dan taksi mengangkut 1 penumpang. Didapatkan total penggunaan transportasi *on-road*, yaitu 9.839.192 mobil pribadi, 5.204.715 sepeda motor, 1.896.634 taksi, dan 12.934 bis Damri. Total kendaraan pada tahun 2016 sebanyak 16.953.475.

Perhitungan beban emisi transportasi *on-road* (kendaraan angkut penumpang) berdasarkan tier 2, yaitu densitas bahan bakar dan konsumsi energi spesifik kendaraan bermotor pada skala nasional, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.6 dan 2.7. Perhitungan sesuai dengan persamaan 3, dan berikut adalah sebagai contoh perhitungan untuk bis pada tahun 2016:



$$\begin{aligned}
 \text{TJP}_{\text{CO}_2 \text{ 2016}} &= \text{BJBB} \times \text{TSJK} \times \text{TPJ} \\
 &= [12.934 - (12.934 \times 0,1\%)] \times 2,61 \text{ km} \\
 &= 33.723,98 \text{ km/tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pengukuran melalui *Google earth* yang diakses pada 7 November 2017, total panjang jalan 2,61 km/tahun terhitung dari gerbang masuk menuju gerbang keluar. Didapatkan total jarak tempuh untuk seluruh bis pada 2016 sebesar 33.723,98 km/tahun pada skala *low*, dengan ketidakpastian data sekitar 0,1% (sesuai rekomendasi pada ABC EIM). Melalui perhitungan yang sama, dilakukan untuk kendaraan mobil pribadi, sepeda motor dan taksi. Didapatkan hasil total jarak tempuh untuk seluruh kendaraan pada tahun 2016 sebesar 44.170.597,20 km/tahun.

$$\begin{aligned}
 \text{E}_{\text{CO}_2 \text{ 2016}} &= \text{BJBB} \times \text{TSJK} \times \text{TJP} \times \text{FE} \times ((100 - \text{C})/100) \\
 &= (820 \text{ kg/m}^3 \times 33.723,98 \text{ km/tahun} \times 1.304 \text{ L/km}) \times 3.172 \text{ g/kg} \\
 &= 114,38 \text{ ton CO}_2
 \end{aligned}$$

Diketahui berat jenis solar sebesar 820 kg/m<sup>3</sup>, konsumsi bahan bakar sebesar 1.304 L/km dan faktor emisi untuk CO<sub>2</sub> baik skala *low*, *central* maupun *high* sebesar 3.172 g/kg. Beban emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bis Damri sebesar 114,38 ton CO<sub>2</sub>. Dilakukan perhitungan yang sama pada kendaraan mobil pribadi, sepeda motor dan taksi. Hasil total nilai beban emisi pada tahun 2016 sebesar 93.694,74 ton CO<sub>2</sub>.

Perhitungan yang sama dilakukan untuk kendaraan mobil pribadi, sepeda motor, taksi, dan bis Damri pada parameter NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> tahun 2009-2016.

#### **b. Transportasi : *off-road***

Perhitungan beban emisi transportasi *off-road* (pesawat) berdasarkan tier 1, yaitu pada skala internasional pada faktor emisi setiap pesawat. Faktor emisi pesawat contohnya sebagaimana pada tabel 2.8, saling dilengkapi oleh berbagai referensi. Perhitungan sesuai dengan persamaan 4 dan berikut adalah contoh perhitungan yang telah dilakukan:

Perhitungan beban emisi untuk parameter NO<sub>x</sub> untuk tipe pesawat A320 (Airbus) di tahun 2016, disampaikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{E} &= (\text{TLTO}_x \text{FE}_{\text{LTO}}) / 1000 \\
 &= (((36.336 - (0,1\% \times 36.336)) \times 11,28 \text{ kg/LTO}) \\
 &= 409,46 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Total kegiatan LTO untuk tipe pesawat A320 (Airbus) penerbangan domestik sebesar 36336. Faktor emisi A320 untuk parameter  $\text{NO}_x$  pada aktivitas LTO sebesar 11,28 kg/LTO (EMEP/EEA, 2017). Total hasil beban emisi sebesar 409.46 ton  $\text{NO}_x$ . Perhitungan yang sama dilakukan untuk seluruh tipe pesawat baik penerbangan domestik maupun internasional. Didapatkan total beban emisi pada tahun 2016 untuk skala *low* sebesar 1636.78 ton  $\text{NO}_x$ .

Perhitungan yang sama dilakukan untuk seluruh tipe pesawat baik penerbangan domestik maupun internasional pada parameter  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  tahun 2006-2016.

#### 4.2.2 Perhitungan Beban Emisi Sektor Limbah

##### a. Insenerasi

Proses pengolahan limbah padat yang dilakukan oleh Bandar Udara Internasional Juanda dilakukan oleh 3 kegiatan, yaitu: sampah yang memungkinkan untuk dijual kembali, pemrosesan melalui insenerasi untuk sampah yang tidak dapat dijual namun kering dan setengah kering, dan sampah yang basah ataupun tidak dapat dilakukan insenerasi akan diserahkan kepada Pemerintah Daerah Sidoarjo untuk diproses lebih lanjut (Oktaviani dan Kurniawaty, 2016).

Perhitungan beban emisi limbah akan berfokus pada kegiatan insenerasi sampah, melalui data penumpang (termasuk penumpang yang transit), namun juga pengantar/penjemput dan penumpang. Data tersebut kemudian dikonversikan sesuai timbulan sampah per orang. Perhitungan penjemput menghasilkan jumlah yang sama dengan jumlah kendaraan sesuai pada persamaan 8. Berikut adalah contoh perhitungan beban emisi  $\text{CO}_2$  untuk proses insenerasi pada tahun 2016:

$$\begin{aligned} E &= [(T_{LPT} \times FEP)/1000] \times FE \\ &= [((53.924.985 - (53.924.985 \times 0,1\%)) \times 0,121 \\ &\quad \text{kg/org.tahun} \times 0,2 \times 0,05 \times 1 \times 0,98] \times 985 \text{ kg/Ton} \\ &= 62,92 \text{ ton} \end{aligned}$$

53.924.985 merupakan jumlah pengguna Bandar Udara Juanda (baik penumpang angkut, pengantar/penjemput, dan penumpang transit) pada tahun 2016, dengan 0,1% adalah ketidakpastian data berdasarkan rekomendasi pada manual ABC-EIM. 0,12 kg/org.tahun adalah timbulan sampah yang dihasilkan

per orang berdasarkan Rahardyan dan Adiati (2012) pada Bandar Udara Soekarno Hatta; dimana peneliti menilai Bandar Udara memiliki eksisting yang kurang lebih sama, akan menghasilkan limbah yang kurang lebih sama. 0,2 (ε) merupakan efisiensi pengumpulan sampah, dimana pada Bandar Udara Internasional Juanda dilakukan pengumpulan oleh petugas ke TPS dan kontainer menuju insenerator. 0,05 (δ) merupakan fraksi pembakaran sampah di TPS dan nilai 1 adalah fraksi sampah yang dapat terbakar sesuai rekomendasi manual ABC-EIM. 0,98 adalah efisiensi pembakaran oleh 1 insenerator Bandar Udara Juanda. 62,92 ton adalah hasil perhitungan sebagai beban emisi CO<sub>2</sub> pada tahun 2016, dengan faktor emisi sebesar 985 kg/ton berdasarkan rekomendasi ABC-EIM.

Tidak dihasilkan CH<sub>4</sub> pada proses insenerasi, sesuai pada ABC EIM. Perhitungan yang sama dilakukan untuk parameter CO<sub>2</sub> maupun NO<sub>x</sub> untuk tahun 2009-2016.

#### **b. Limbah Cair Domestik**

Perhitungan limbah cair domestik dilakukan menjadi dua bagian, yaitu Terminal 1 (untuk penumpang penerbangan domestik, pengantar/penjemput dan penumpang transit penerbangan domestik) dan Terminal 2 (untuk penumpang penerbangan internasional, pengantar/penjemput dan penumpang transit penerbangan internasional). Limbah cair domestik Terminal 1 diolah menggunakan *Aerated Lagoon* (proses aerobik) dan Limbah cair domestik Terminal 2 diolah menggunakan *Anaerobic Reactor* (proses anaerobik). Berikut merupakan contoh perhitungan pada tahun 2016 untuk terminal 1:

$$\text{TOW} = P \times \text{BOD} \times I$$

$$= 33.893.561 \times (37,87 \text{ L/org.tahun} \times 300 \text{ mg/L} /$$

$$1.000.000) \times 1,25$$

$$= 481.330,93 \text{ kg BOD}$$

Total pengguna Terminal 1 pada tahun 2016 sebesar 33.893.561 orang. Estimasi limbah cair yang dihasilkan sebesar 37,87 L/orang.hari berdasarkan Rahardyan dan Adiati (2012) pada Bandar Udara Soekarno Hatta; dimana peneliti menilai sebagai Bandar Udara yang kurang lebih sama eksistingnya, akan menghasilkan limbah yang kurang lebih sama. Default BOD influent sebesar 300 mg/L. 1,25 merupakan faktor koreksi BOD yang dibuang ke saluran (sewer) dikumpulkan (*collected*).

Didapatkan sebesar 481.330,93 kg BOD yang dihasilkan di Terminal 1 yang selanjutnya akan diolah oleh *Aerated Lagoon*.

Dilakukan perhitungan faktor emisi, sesuai dengan pengolahan unit, memenuhi persamaan 7:

$$EF_j = B_o \times MCF_j = 0,6 \times 0,3 = 0,18 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$$

Kapasitas maksimum produksi CH<sub>4</sub> untuk limbah cair untuk wilayah perkotaan (Surabaya termasuk *urban-high*) sesuai IPCC 2006 GL sebesar 0,6 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD. *Aerated Lagoon* digolongkan kepada pengolahan aerobik, memiliki faktor koreksi metan sebesar 0,3, sedangkan *Anaerobic Reactor* memiliki faktor koreksi metan sebesar 0,8. Hasil perhitungan untuk faktor emisi bagi *Aerated Lagoon* yaitu sebesar 0,18 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD.

Beban emisi dihitung dengan persamaan 8, dan berikut adalah contoh hasil perhitungan:

$$\begin{aligned} E &= [\sum_{i,j} (U_i \times T_{ij} \times EF_j) \times (TOW - S)] - R \\ &= [(0,12 \times 0,74 \times 0,18) \times (481.330,93 - 0)] - 0 \\ &= 7.693,59 \text{ kg CH}_4 \end{aligned}$$

Fraksi populasi sebesar 0,12 dan derajat nilai penggunaan terhadap unit pengolahan limbah cair dalam setiap fraksi sebesar 0,74 untuk wilayah perkotaan (Surabaya termasuk *urban-high*) di Indonesia sesuai IPCC 2006 GL. Terdapat komponen organik sebagai lumpur (S) (kg BOD/tahun), namun belum pernah dilakukan pengukuran oleh pihak Juanda, sehingga nilai tersebut diasumsikan 0. Tidak terdapat CH<sub>4</sub> yang terkover (R) (kg CH<sub>4</sub>/tahun), sehingga nilai tersebut diasumsikan 0. Hasil yang didapatkan untuk terminal 1, *Aerated Lagoon* menghasilkan beban emisi sebesar 7.693,59 kg CH<sub>4</sub> pada tahun 2016. Dilakukan perhitungan melalui persamaan yang sama untuk Terminal 2 dengan bangunan pengolahan berupa *Anaerobic Reactor*. Hasil beban emisi sebesar *Anaerobic Reactor* 721.825,55 kg CH<sub>4</sub>, dan total keseluruhan beban emisi pada tahun 2016 sebesar 29.519,14 ton CH<sub>4</sub>.

Perhitungan yang sama dilakukan untuk *Aerated Lagoon* (Terminal 1) dan *Anaerobic Reactor* (Terminal 2) pada parameter CH<sub>4</sub> tahun 2009-2016.

Berikut tabel 4.3-4.7 ditampilkan *worksheet* hasil perhitungan untuk sektor transportasi on-road dan off-road, dan limbah padat domestik dan cair domestik tahun 2016.

Tabel 4. 3 Tampilan Perhitungan *Worksheet* Manual ABC-EIM untuk Transportasi *On-road* pada Tahun 2016

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pasti an Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
				(km/ tahun. Kendaraan)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg / 10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
	(kg/ m <sup>3</sup> )		(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	9.839.192	0,1	2,61	25.654.610,83	2	51,31	1.179	22.685.089,63	3.180	72.138,59	1,7	38564,65
Sepeda Motor (Bensin)	750	5.204.715	0,1	2,61	13.570.721,84	0,29	3,94	266	2.707.359,01	3.180	8.609,40	1,24	3357,13
Taksi (Bensin)	750	1.896.634	0,1	2,61	4.945.264,53	2,80	13,85	1.088	4.035.335,85	3.180	12.832,37	1,7	6860,07
Bis Damri (Solar)	820	12.934	0,1	2,61	33.723,98	11,90	0,40	1.304	36.060,38	3.172	114,38	0,23	8,29
Total		16.953.475,00			44.170.597,20		69,49				93.694,74		48790,14

Tabel 4. 4 Tampilan Perhitungan *Worksheet* Manual ABC-EIM untuk Transportasi *Off-road* pada Tahun 2016

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)) / 1000$		$AQ = ((A \times AE)) / 1000$		$AJ = ((A \times AH)) / 1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A320	36.336	0,1	816,17	11,28	409,46	2.570,93	93.323,90	0,2	7,26
A332	470	0,1	2.168,08	35,32	16,58	6.829,44	3.206,63	0,2	0,09
A333	1.422	0,1	2.168,08	35,32	50,17	6.829,44	9.701,75	0,2	0,28
ATR72	12.595	0,1	200	1,99	25,04	635,8	7.999,89	0,03	0,38
AW109	42	0,1		0,0982	0,00	111,798	4,69		0,00
B105	195	0,1	48,676	0,122	0,02	127,1	24,76	0,003	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
					(%)		(kg/LTO)		(kg/LTO)
Penerbangan Domestik									
B412	1.924	0,1	48,676	0,43	0,83	247	474,75	0,003	0,01
B427	12	0,1	48,676	0,385	0,00	152	1,82	0,003	0,00
B732	12	0,1	870	6,74	0,08	2.740	32,85	0,1	0,00
B733	4.387	0,1	780	7,19	31,51	2.480	10.868,88	0,1	0,44
B734	777	0,1	780	7,19	5,58	2.480	1.925,03	0,1	0,08
B735	4.962	0,1	780	7,19	35,64	2.480	12.293,45	0,1	0,50
B738	30.055	0,1	881,1	13,2	396,33	2.775,5	83.334,23	0,07	2,10
B739	35.153	0,1	880	12,3	431,95	2.780	97.627,61	0,07	2,46
BE20	12	0,1	42,35	0,33	0,00	242,3	2,90	0,06	0,00
BK17	238	0,1	48,676	0,17	0,04	143,01	34,00	0,003	0,00
C172	73	0,1	1.394,93	0,0187	0,00	15,05	1,10	0,438	0,03
C208	21	0,1	24,25	0,165	0,00	100,02	2,10	0,001	0,00
C402	64	0,1	24,25	0,138	0,01	76	4,86	0,438	0,03

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
CR1000	5.097	0,1	330	1,78	9,06	785	3.997,14	0,06	0,31
DHC6	538	0,1	200	0,354	0,19	212	113,94	0,038	0,02
DHC7	49	0,1	200	0,668	0,03	362	17,72	0,01	0,00
E155	12	0,1	310	0,19	0,00	151,07	1,81	0,06	0,00
E195	184	0,1	310	4,52	0,83	1.450,85	266,69	0,024	0,00
G36	11	0,1	70	0,3	0,00	230	2,53	0,06	0,00
H25B	20	0,1	130.9	0,63	0,01	237,56	4,75	0,012	0,00
LAIN-LAIN	743	0,1	850	9,23	6,85	3.150	2.338,11		
MD82	913	0,1	1.003,1	12,3	11,22	3.160	2.882,19	0,02	0,18
P180	11	0,1	40,35	0,239	0,00	126	1,38	0,001	0,00
Sub Total 1	136.328,00	2.90	15.448,26		1.431,48		33.0491,49		14,17



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
A319	14	0,1	688,81	7,46	0,10	2.169,8	30,35	0,2	0,00
A320	8.169	0,1	816,17	11,28	92,05	2.570,93	20.980,93	0,2	1,63
A321	290	0,1	960	10,8	3,13	2.570,7	744,76	0,2	0,06
A333	1.934	0,1	2.168,08	35,32	68,24	6.829,44	13.194,93	0,2	0,39
A343	101	0,1	2.019,89	34,81	3,51	6.362,65	641,99	1,9	0,19
B738	955	0,1	881,1	13,2	12,59	2.775,47	2.647,92	0,07	0,07
B744	430	0,1	3.319,68	44,5	19,12	10.455,98	4.491,58	0,2	0,09
B772	31	0,1	2.406,41	61,24	1,90	7.580,19	234,75	2,3	0,07
B773	36	0,1	2.562,84	52,8	1,90	8.072,95	290,34	2,3	0,08
B787	10	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	299	0,1	2.500	9,23	2,76	3150	940,91		0,00
Sub Total 2	12.269,00	1,10	18.322,98		205,30		44.198,44		2,58
Total	148.597,00	4,00	33.771,24		1.636,78		374.689,93		16,75

Tabel 4. 5 Tampilan Perhitungan *Worksheet* Manual ABC-EIM untuk Limbah Padat Domestik pada Tahun 2016

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketid ak- pasti an Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- -pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembaka- ran di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembaka- ran (ηds)	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)							K = G x J /1000		Y = G x X/ 1000
		(%)	Low					(%)				(ton)
Insenerasi	53.924.985	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	63,88	1,80	0,11	985	62,92

Tabel 4. 6 Tampilan Perhitungan *Worksheet* Manual IPCC 2006 GL untuk Limbah Cair Domestik pada Tahun 2016

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	33.893.561	37,87	300	385.064,75	1,25	481.330,93
Terminal 2	20.031.424	37,87	300	227.577,01	2,25	512.048,27
Total	53.924.985					993.379,20

Tabel 4. 7 Tampilan Perhitungan *Worksheet* Manual IPCC 2006 GL untuk Limbah Cair Domestik pada Tahun 2016

Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana (B <sub>0</sub> )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan (MCF <sub>i</sub> )	Faktor Emisi (EF <sub>i</sub> )	Fraksi Populasi (U <sub>i</sub> )	Derajat Penggunaan Unit Pengolaha n (T <sub>ij</sub> )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direcover atau dibakar	Emisi metana (CH <sub>4</sub> )
			I = G x H	Urban-high	Urban-high	(kg BOD/tahun)	(kg CH <sub>4</sub> /tahun)	N = [(G x H x I) x ( F - L)] - M
			(kg CH <sub>4</sub> /kg BOD)					(kg CH <sub>4</sub> /tahun)
Centralized, aerobic treatment plant	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	7.693,59
Anaerobic reactor	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	21.825,55
Total								29.519,14

### 4.3 Total Beban Emisi dan Fluktuasinya di Bandar Udara Internasional Juanda

Total beban emisi dihitung berdasarkan setiap parameter  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  untuk setiap tahunnya.

Tabel 4. 8 Rekap Total Beban Emisi di Bandar Udara Internasional Juanda

Beban Emisi Polutan (ton)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$\text{NO}_x$	701.3	700.5	723.8	855.3	931.0	1030.9	1237.4	1338.4	1433.0	1567.5	1706.4
$\text{CO}_2$	221699.6	219344.3	218336.1	292115.9	307914.7	334273.6	393892.3	405611.8	411414.4	429984.0	468447.6
$\text{CH}_4$	13.4	14.8	12.2	28997.0	29883.5	33867.1	41096.3	44394.9	43707.5	42998.6	48836.4

Tabel 4.8 merupakan rekap total beban emisi di Bandar Udara Juanda untuk sektor energi yaitu transportasi *on-road* dan *off-road*, dan sektor limbah yaitu limbah padat domestik dan limbah cair domestik. Total data pada sektor energi transportasi *on-road*, sektor limbah yaitu limbah padat domestik dan limbah cair domestik hanya terhitung untuk tahun 2009-2016, berdasarkan data yang tersedia di PT. Angkasa Pura I. Sektor limbah padat domestik, hanya menghasilkan beban emisi untuk parameter polutan  $\text{NO}_x$  dan  $\text{CO}_2$ . Sektor limbah cair domestik, tidak dihasilkan beban emisi untuk parameter polutan  $\text{NO}_x$  dan  $\text{CO}_2$ , sehingga parameter yang terhitung hanya  $\text{CH}_4$ .

### 4.4 Analisis terhadap Fluktuasi di Bandar Udara Internasional Juanda

#### 4.4.1 Transportasi : *on-road*

Tren fluktuasi total kendaraan darat terhadap nilai beban emisi polutan  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  berbanding lurus. Hal ini diakibatkan faktor-faktor seperti konsumsi bahan bakar, densitas bahan bakar, dan faktor emisi dari setiap kendaraan angkut penumpang bersifat konstan, sehingga fluktuasi nilai beban emisi mengikuti jumlah penumpang yang diangkut. Terjadi penurunan pada nilai beban emisi  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  maupun  $\text{CH}_4$  pada tahun 2014 dan tahun 2015, sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.1-4.3. Hal ini disebabkan penumpang penerbangan domestik dan penumpang penerbangan internasional mengalami penurunan dibandingkan pada tahun

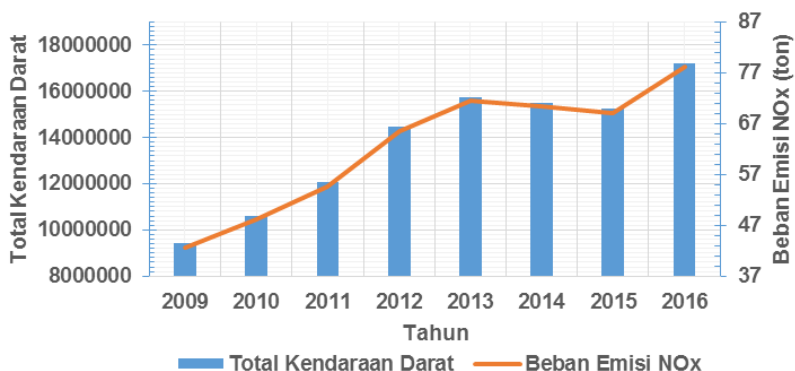
2013. Penumpang sebagai dasar perhitungan menyebabkan terjadi pula penurunan pada nilai beban emisi yang dihasilkan.

Tabel 4.9 berikut ini merupakan gambaran perbandingan antara penumpang penerbangan domestik dan penumpang penerbangan internasional.

Tabel 4. 9 Perbandingan Data Penumpang antara Tahun 2013-2015

Jenis Penumpang	2013	2014	2015
Penumpang Domestik	15016284	14788759	14553128
Penumpang Internasional	1794161	1740420	1687053

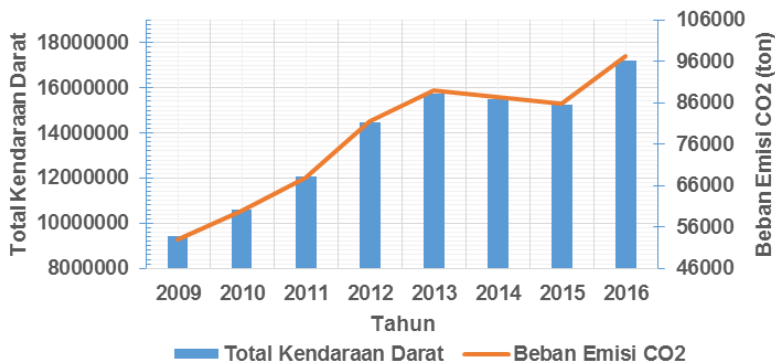
Kepala BPS Suryamin (2015) dalam Sindonews.com menyampaikan bahwa, penurunan pada tahun 2014 di Bandar Udara Juanda diindikasikan sebagai akibat dari Letusan Gunung



Kelud pada 13 November 2014.

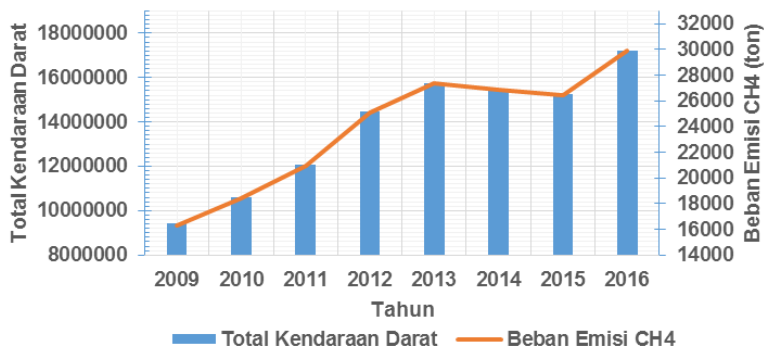
Gambar 4. 1 Tren Fluktuasi Total Kendaraan Darat terhadap Beban Emisi NO<sub>x</sub>

Tren beban emisi NO<sub>x</sub> memberikan kontribusi yang sama setiap tahunnya, dimana estimasi persentase angkutan moda yang digunakan oleh penumpang di Bandar Udara Juanda pada setiap tahunnya sama. Sebagaimana pada tabel 2.5, faktor emisi terbesar untuk parameter NO<sub>x</sub> adalah bis Damri, namun tidak berarti menghasilkan beban emisi yang besar pula. Kontribusi beban emisi dari nilai terbesar adalah mobil pribadi 76%, taksi 18%, sepeda motor 5% dan bus damri 1%.



Gambar 4. 2 Tren Fluktuasi Total Kendaraan Darat terhadap Beban Emisi CO<sub>2</sub>

Tren beban emisi CO<sub>2</sub> memberikan kontribusi yang sama setiap tahunnya, dimana estimasi persentase angkutan moda yang digunakan oleh penumpang di Bandar Udara Juanda pada setiap tahunnya sama. Sebagaimana pada tabel 2.5, faktor emisi parameter CO<sub>2</sub> untuk mobil pribadi, sepeda motor dan taksi lebih besar dibandingkan dengan bis Damri. Kontribusi beban emisi dari nilai terbesar adalah mobil pribadi 78,8%, taksi 12,6%, sepeda motor 8,5% dan bus damri 0,1%.



Gambar 4. 3 Tren Fluktuasi Total Kendaraan Darat terhadap Beban Emisi CH<sub>4</sub>

Tren beban emisi CH<sub>4</sub> memberikan kontribusi yang sama setiap tahunnya, dimana estimasi persentase angkutan moda yang digunakan oleh penumpang di Bandar Udara Juanda pada setiap tahunnya sama. Sebagaimana pada tabel 2.5, faktor emisi

parameter CH<sub>4</sub> untuk mobil pribadi dan taksi sepeda motor lebih besar dibandingkan dengan sepeda motor dan bis Damri. Kontribusi beban emisi dari nilai terbesar adalah mobil pribadi 80,727%, taksi 12,93%, sepeda motor 6,327% dan bus damri 0,016%.

Winther (2012) menyebutkan, emisi CO<sub>2</sub> bergantung dengan konsumsi bahan bakar, sehingga perkembangan emisi mencerminkan tren konsumsi bahan bakar. Mengacu kepada laporan IPCC kedua, 1 g CH<sub>4</sub> akan menimbulkan efek gas rumah kaca sebesar 21 g CO<sub>2</sub>. Terlepas dari besarnya potensi CH<sub>4</sub> pada pemanasan global, kontribusi terbesar terhadap emisi CO<sub>2</sub> eq, berasal dari CO<sub>2</sub> transportasi *on-road*.

Berdasarkan pada IPCC (2006), parameter NO<sub>x</sub> dan CH<sub>4</sub> sangat bergantung pada katalis mesin. Mengingat data yang diolah kurang spesifik, sehingga diharapkan penelitian selanjutnya mampu mengidentifikasi katalisator mesin yang digunakan. Hal ini akan meningkatkan presisi kualitas inventarisasi di Bandar Udara Juanda.

Keseluruhan tren fluktuasi beban emisi meningkat seiring dengan peningkatan volum kendaraan setiap tahun. Hal ini memberikan gambaran, bahwa di masa yang akan datang, beban emisi memiliki beban yang lebih besar (terkecuali jika terdapat bencana), sehingga dibutuhkan alternatif pengendalian. Dominasi beban emisi berasal dari mobil pribadi dan taksi, sehingga pengalihan kepada transportasi umum dengan kapasitas lebih besar akan menghasilkan beban emisi lebih sedikit.

#### **4.4.2 Transportasi : *off-road* (pesawat)**

Norton (2014) menyatakan, 10% dari semua jenis emisi pesawat (kecuali HC dan CO) dihasilkan saat berada di tanah dan LTO. LTO memiliki kontribusi yang signifikan terhadap inventarisasi emisi gas rumah kaca di Bandar Udara, walaupun hanya 10% dari total keseluruhan emisi pesawat. MAC (2010) dalam Norton (2014) menjelaskan, emisi pesawat saat LTO berkontribusi hingga 70% dari keseluruhan inventarisasi emisi di Bandar Udara.

##### **a. Tren Aktivitas LTO terhadap Konsumsi Bahan Bakar**

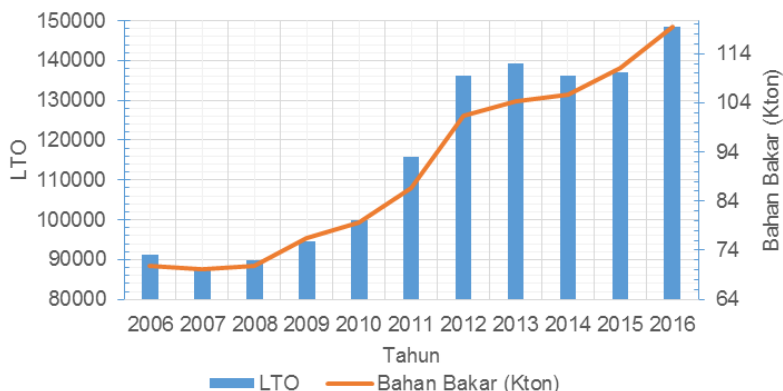
Analisis berdasarkan perbandingan antara tren fluktuasi total jumlah LTO pada penerbangan domestik maupun internasional,



terhadap tren konsumsi bahan bakar, tren beban emisi parameter  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ .

Berikut adalah grafik hasil pengeplotan berdasarkan tren total jumlah LTO pada penerbangan domestik maupun internasional terhadap konsumsi bahan bakar. Berdasarkan pada gambar 4.1 tren LTO cukup berbanding lurus terhadap tren konsumsi bahan bakar. Terutama pada tahun 2011 hingga tahun 2014, terjadi ketimpangan antara LTO dan konsumsi bahan bakar.

Tren LTO terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 4. 4 Tren LTO terhadap Konsumsi Bahan Bakar untuk Tahun 2006-2016

Hal ini diakibatkan beberapa pesawat belum teridentifikasi konsumsi bahan bakarnya. Seperti tipe pesawat MA60, NC212, NC22, KT1B, AS220, SU95, N212, NC21, B145, B010, T50, XL11, dan TT50. Secara total, pada tahun 2011 terdapat sebanyak 552 pesawat belum teridentifikasi, 923 pesawat pada tahun 2012, 764 pesawat pada tahun 2013, dan 412 pesawat pada tahun 2014. Pada tahun lainnya, pesawat yang belum teridentifikasi nilai bahan bakarnya, yaitu 394 pesawat pada tahun 2006, 219 pesawat pada tahun 2007, 1024 pesawat pada tahun 2008, 528 pesawat pada tahun 2009, 104 pesawat pada tahun 2010, 95 pesawat pada tahun 2015, dan 52 pesawat pada tahun 2016.

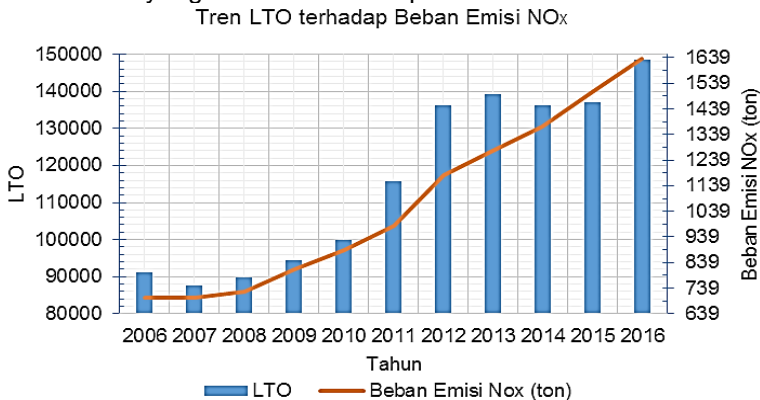
Pesawat yang belum teridentifikasi konsumsi bahan bakarnya, merupakan pesawat yang belum terkaji ataupun belum diketahui pesawat lain yang mungkin dapat dijadikan sebagai representasi. Berdasarkan pada hasil perhitungan, kontribusi konsumsi bahan

bakar terbesar dihasilkan pada tahun 2016, yaitu oleh pesawat tipe B739, dengan total LTO 35153, dan bahan bakar yang dikonsumsi sebesar 880 kg/LTO.

Secara keseluruhan penerbangan domestik, kontribusi terbesar berasal dari tipe pesawat Boeing. B732 dari tahun 2006-2009, B739 pada tahun 2010-2014 dan 2016, B738 pada tahun 2015. Pada penerbangan internasional, kontribusi terbesar oleh tipe pesawat Airbus. A322 pada tahun 2006, dan A320 dari tahun 2007-2016.

#### **b. Tren Aktivitas LTO terhadap Beban Emisi Polutan NO<sub>x</sub>**

Tren fluktuasi pada LTO selanjutnya dibandingkan dengan beban emisi yang dihasilkan untuk parameter NO<sub>x</sub>.



Gambar 4. 5 Tren LTO terhadap Beban Emisi NO<sub>x</sub> untuk Tahun 2006-2016

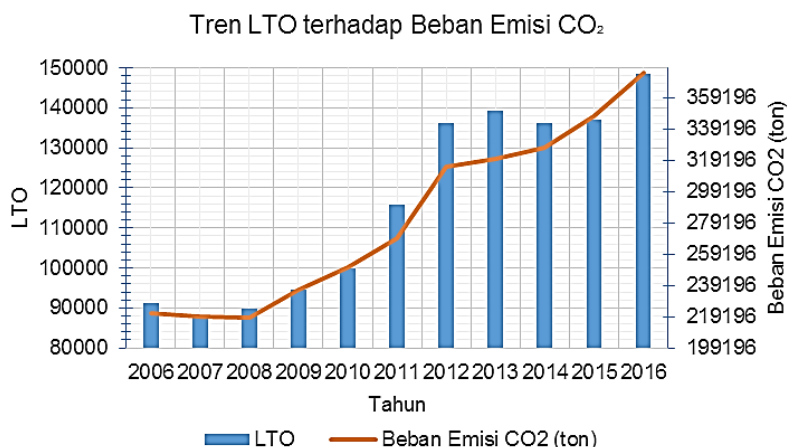
Berdasarkan pada Gambar 4.2 tren LTO cukup berbanding lurus terhadap tren beban emisi parameter NO<sub>x</sub> yang dihasilkan. Pesawat yang belum teridentifikasi faktor emisi NO<sub>x</sub>, merupakan pesawat yang belum terkaji ataupun belum diketahui pesawat lain yang mungkin dapat dijadikan sebagai representasi. 394 pesawat pada tahun 2006, 219 pesawat pada tahun 2007, 1024 pesawat pada tahun 2008, 528 pesawat pada tahun 2009, 104 pesawat pada tahun 2010, 552 pesawat pada tahun 2011, 937 pesawat pada tahun 2012, 775 pesawat pada tahun 2013, 446 pesawat pada tahun 2014, 27 pesawat pada tahun 2015, 10 pesawat pada tahun 2016.

Secara keseluruhan penerbangan domestik pada tahun 2006-2008, kontribusi terbesar berasal dari tipe pesawat MD82 (McDonnell Douglas MD-80). Tahun 2009-2016, kontribusi terbesar berasal dari tipe Boeing; B734, B738 dan B739. Pada penerbangan internasional, kontribusi beban emisi terbesar oleh tipe pesawat Airbus. A322 pada tahun 2006, dan A320 dari tahun 2007-2016.

### **c. Tren Aktivitas LTO terhadap Beban Emisi Polutan CO<sub>2</sub>**

Tren fluktuasi LTO terhadap beban emisi CO<sub>2</sub> memberikan hasil yang sama selama dengan tren fluktuasi LTO terhadap NO<sub>x</sub> antara tahun 2006-2016. Hal ini diakibatkan pembakaran bahan bakar seiring dengan dihasilkannya beban emisi polutan NO<sub>x</sub> dan CO<sub>2</sub>, sehingga menghasilkan tren fluktuasi yang sama. Emisi polutan CO<sub>2</sub> sebagai hasil dari pembakaran ideal, dan NO<sub>x</sub> merupakan hasil dari pembakaran non ideal, sebagaimana digambarkan dalam gambar 2.4. Skema tersebut menjelaskan indikasi proporsi input maupun output gas. Melalui skema tersebut, udara (N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>) mengalir melalui mesin pesawat bersama dengan bahan bakar (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>+S), menghasilkan CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O+N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>+SO<sub>2</sub> sebagai pembakaran ideal. Pada Winther dan Rypdal (2017), skema pada gambar 2.4 menggambarkan pembakaran tidak sempurna dapat terjadi sebagai akibat kurang efisiensi dari mesin dan juga terhadap faktor lain yang mempengaruhi seperti kemampuan terbakarnya bahan bakar.

Pesawat yang belum teridentifikasi faktor emisi CO<sub>2</sub>, merupakan pesawat yang belum terkaji ataupun belum diketahui pesawat lain yang mungkin dapat dijadikan sebagai representasi. 383 pesawat pada tahun 2006, 219 pesawat pada tahun 2007, 1024 pesawat pada tahun 2008, 528 pesawat pada tahun 2009, 104 pesawat pada tahun 2010, 552 pesawat pada tahun 2011, 923



Gambar 4. 6 Tren LTO terhadap Beban Emisi CO<sub>2</sub> untuk Tahun 2006-2016

pesawat pada tahun 2012, 764 pesawat pada tahun 2013, 431 pesawat pada tahun 2014, 27 pesawat pada tahun 2015, 83 pesawat pada tahun 2016.

Secara keseluruhan penerbangan domestik, kontribusi terbesar berasal dari tipe pesawat Boeing. B732 dari tahun 2006-2009, B739 pada tahun 2010-2014 dan 2016, B738 pada tahun 2015. Pada penerbangan internasional, kontribusi beban emisi terbesar oleh tipe pesawat Airbus. A322 pada tahun 2006, dan A320 dari tahun 2007-2016.

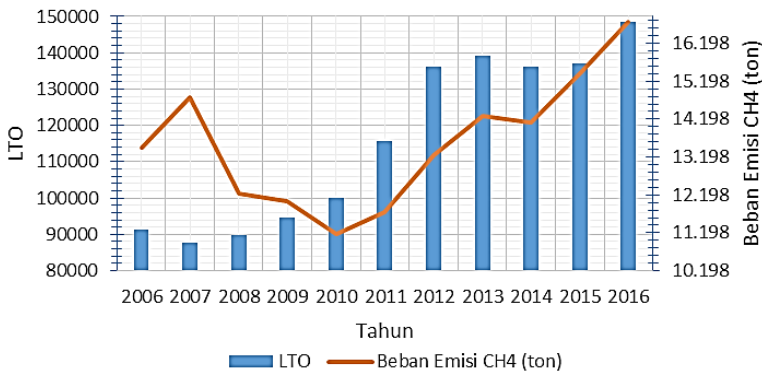
#### **d.Tren Aktivitas LTO terhadap Beban Emisi Polutan CH<sub>4</sub>**

Tren aktivitas LTO terhadap nilai beban emisi polutan CH<sub>4</sub> tidak berbanding lurus. Peningkatan aktivitas LTO pada tahun tertentu tidak menunjukkan nilai beban emisi CH<sub>4</sub> yang meningkat pula. Terlihat pada tahun 2007, dimana nilai beban emisi lebih besar dibandingkan tahun 2006.

Pesawat yang belum teridentifikasi faktor emisi CH<sub>4</sub>, merupakan pesawat yang belum terkaji ataupun belum diketahui pesawat lain yang mungkin dapat dijadikan sebagai representasi. 1432 pesawat pada tahun 2006, 1231 pesawat pada tahun 2007, 2323 pesawat pada tahun 2008, 1826 pesawat pada tahun 2009, 1415 pesawat pada tahun 2010, 2178 pesawat pada tahun 2011, 2631 pesawat pada tahun 2012, 2603 pesawat pada tahun 2013,

2286 pesawat pada tahun 2014, 1377 pesawat pada tahun 2015, 1042 pesawat pada tahun 2016.

Tren LTO terhadap Emisi CH<sub>4</sub>



Gambar 4. 7 Tren LTO terhadap Beban Emisi CH<sub>4</sub> untuk Tahun 2006-2016

Secara keseluruhan penerbangan domestik, kontribusi terbesar berasal dari tipe pesawat MD82 dari tahun 2006 dan 2008, F28 pada tahun 2007, B734 pada tahun 2009-2010, B739 pada tahun 2011-2012, A320 pada tahun 2013-2015, dan C172 pada tahun 2016. Pada penerbangan internasional, kontribusi beban emisi terbesar oleh B743 pada tahun 2006-2008, dan A320 dari tahun 2009-2016.

#### e. Analisis Keseluruhan *Off-road*

Keseluruhan tren fluktuasi beban emisi meningkat seiring dengan peningkatan kegiatan LTO penerbangan setiap tahun. Hal ini memberikan gambaran, bahwa di masa yang akan datang, beban emisi memiliki beban yang lebih besar, sehingga dibutuhkan alternatif pengendalian. Terkecuali pada dominasi beban emisi parameter CH<sub>4</sub> pada tahun 2007 yang tidak sebanding dengan kegiatan LTO, menunjukkan bahwa beban emisi yang dihasilkan, ditentukan pula oleh jenis tipe pesawat.

Norton (2014) menjelaskan, tipe series pesawat Boeing 737 dan Airbus A320 adalah pesawat yang biasa digunakan. Tipe pesawat ini lebih ringan dan dirancang untuk jarak yang lebih pendek, sehingga memberikan kontribusi beban emisi terbesar.

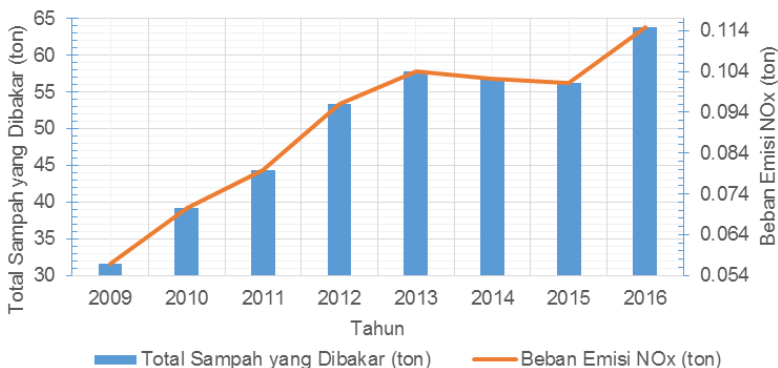
Dorling Kindersley (2013) tidak menyatakan secara terperinci produksi tipe McDonnell Douglas MD-80 dan MD-82 diproduksi kapan. Di sisi lain, memberikan gambaran produksi series MD, yaitu sekitar pada tahun 1986 (produksi awal series McDonnell Douglas tipe MD-11)-1988 (produksi akhir series McDonnell Douglas tipe MD-88). B732, B734, B738 dan B739 yang merupakan series tipe Boeing 737 menjadi *jetliner* yang sukses pada tahun 1968. B743 yang merupakan series tipe B747, menjadi *prototype* pertama dengan “badan besar” (*wide-bodies*) sehingga menjadi ikon global. Fokker F28 Fellowship diproduksi pada tahun 1976, sedangkan Cessna C172 pada tahun 1956. A322 merupakan tipe Airbus yang diproduksi pada tahun 1995 dan A320 pada tahun 1988.

Berdasarkan pada penjelasan diatas, memberikan gambaran bahwa tipe pesawat dengan kontribusi beban emisi terbesar setiap tahunnya, diproduksi dibawah tahun 2000. Hal ini mengindikasikan bahwa pesawat produksi baru menghasilkan beban emisi yang lebih kecil. Peluang penurunan beban emisi dapat dicapai dengan meningkatkan (*upgrade*) efisiensi pesawat.

#### 4.4.3 Limbah Padat Domestik

Berikut gambar 4.8-4.9 merupakan gambaran beban emisi yang dihasilkan berdasarkan sektor limbah padat.

Tren Total Sampah yang Dibakar terhadap Beban Emisi NO<sub>x</sub>



Gambar 4. 8 Tren Total Timbunan Sampah yang Dibakar terhadap Beban Emisi NO<sub>x</sub> pada Tahun 2009-2016



**Gambar 4. 9 Tren Total Timbulan Sampah yang Dibakar terhadap Beban Emisi CO<sub>2</sub> pada Tahun 2009-2016**

Hal yang sama terjadi dengan pembahasan sektor transportasi *on-road*, dimana data penumpang sebagai dasar perhitungan dan faktor-faktor lain yang bersifat konsisten setiap tahunnya. Faktor-faktor seperti efisiensi pengumpulan, fraksi pembakaran ( $\delta$ ), fraksi timbulan sampah terbakar, efisiensi pembakaran, bersifat konsisten dari tahun 2009-2016. Hal ini menghasilkan nilai beban emisi yang berbanding lurus terhadap total beban sampah yang dihasilkan.

Penurunan pada tahun 2014 dan tahun 2015 terjadi sebagai akibat dari peletusan Gunung Kelud pada Kelud pada 13 November 2014.

Keseluruhan tren fluktuasi beban emisi berbanding lurus seiring dengan jumlah penumpang setiap tahun. Hal ini memberikan gambaran, bahwa di masa yang akan datang, beban emisi memiliki beban yang lebih besar (terkecuali jika terdapat bencana alam), sehingga dibutuhkan alternatif pengendalian. Dibutuhkan peningkatan pemantauan untuk presisi kualitas inventarisasi yang lebih baik lagi di Bandar Udara Juanda. Utamanya pada data jenis dan jumlah timbulan sampah yang terolah di insenerator dan efisiensinya.

Perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada laporan pembakaran pembakaran yang telah dilakukan 2016 dan tercatat 98%. Berdasarkan pengamatan di lapangan oleh

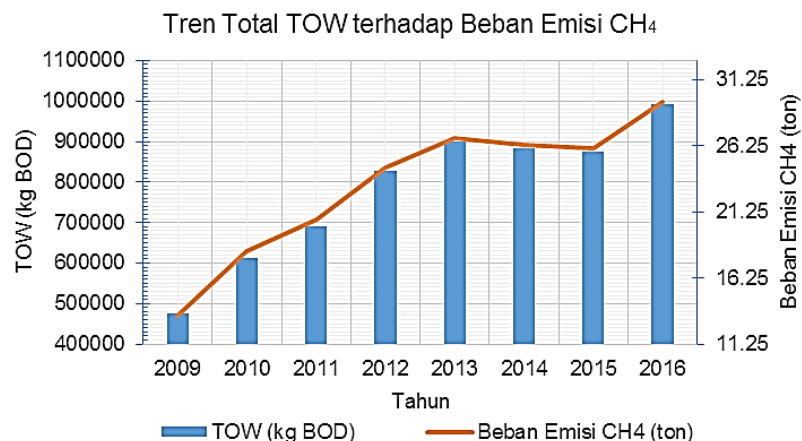
Oktaviani dan Kurniawaty (2016), pada saat *burner* berada di suhu 150 °C-300 °C akan dimatikan, untuk penghematan bahan bakar solar. Hal ini tidak sesuai dengan prosedur kerja, dimana burner tidak mencapai suhu 600 °C-800 °C. Jika memang terindikasi terjadi pembakaran pada suhu 150 °C-300 °C, diperkirakan akan terjadi pembakaran tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna (tidak seluruhnya berubah menjadi CO<sub>2</sub>) akan menghasilkan emisi yang dominan berupa parameter CO. Pemeriksaan insenerator menunjukkan CO pada hasil buangan insenerator pada tahun 2015 dalam RKL RPL melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan.

Tabel 4. 10 Hasil Pemeriksaan Laboratorium Emisi Udara Insenerator

Text Description	Baku Mutu	Hasil Insenerator I		Hasil Insenerator II	
		Juni	Desember	Juni	Desember
CO	100	1.036,58	339,25	1.193,91	476,55

Sumber: RKL RPL PT. Angkasa Pura I dalam Oktaviani dan Kurniawaty, (2016).

#### 4.4.4 Limbah Cair Domestik



Gambar 4. 10 Tren Fluktuasi TOW terhadap Beban Emisi CH<sub>4</sub>

Berikut gambar 4.11 merupakan gambaran beban emisi yang dihasilkan pada sektor limbah cair. Hal yang sama terjadi dengan pembahasan sektor transportasi *on-road*, dimana data penumpang sebagai dasar perhitungan dan faktor-faktor lain yang bersifat konsisten setiap tahunnya. Faktor-faktor seperti estimasi



limbah cair yang dihasilkan, *default* BOD effluent, faktor koreksi BOD, kapasitas maksimum metan terproduksi, faktor koreksi metan, fraksi populasi, dan derajat nilai penggunaan unit pengolahan bersifat konsisten dari tahun 2009-2016 mengacu kepada IPCC 2006 GL. Hal ini menghasilkan nilai beban emisi yang berbanding lurus terhadap total limbah cair yang dihasilkan. Penurunan pada tahun 2014 dan tahun 2015 terjadi sebagai akibat dari peletusan Gunung Kelud pada 13 November 2014.

Keseluruhan tren fluktuasi beban emisi berbanding lurus seiring dengan jumlah penumpang setiap tahun. Hal ini memberikan gambaran, bahwa di masa yang akan datang, beban emisi memiliki beban yang lebih besar (terkecuali jika terdapat bencana alam), sehingga dibutuhkan alternatif pengendalian. Fluktuasi akan lebih spesifik dengan terintegrasinya data yang diolah. Utamanya pada lumpur yang dihasilkan dan CH<sub>4</sub> yang mungkin terekoveri.

Proses pengolahan limbah cair domestik terbagi atas Terminal 1 yang oleh bangunan pengolah *Aerated Lagoon* dan Terminal 2 yang oleh bangunan pengolah *Anaerobic Reactor*. Perhitungan keseluruhan beban hanya dihasilkan berupa beban emisi polutan CH<sub>4</sub>, yaitu pada proses aerobik pada *Aerated Lagoon* dan pada proses anaerobik pada *Anaerobic Reactor*.

Tabel 4. 11 Perbandingan Data *Aerated Lagoon* dan *Anaerobic Reactor*

Bangunan Pengolahan	Faktor Koreksi BOD (I)	Faktor Koreksi Metan (MCFj)	Faktor Emisi
<i>Aerated Lagoon</i>	1.25	0.3	0.18
<i>Anaerobic Reactor</i>	2.25	0.8	0.48

Berdasarkan pada tabel 4.11, faktor koreksi BOD, faktor koreksi metan, dan faktor emisi *Aerated Lagoon* lebih kecil. Hasil keseluruhan beban emisi CH<sub>4</sub> didominasi oleh terminal 2 yaitu *Anaerobic Reactor*.

#### 4.4.5 Analisis Total Beban Emisi di Bandar Udara Internasional Sidoarjo

Berikut tabel 4.12 merupakan rekapitan hasil perhitungan dari keseluruhan sektor untuk parameter NO<sub>x</sub>.

Tabel 4. 12 Rekapitan Total Hasil Beban Emisi NO<sub>x</sub>

Tahun	On-road (ton)	Off-road (ton)	Limbah Padat Domestik (ton)
2006	-	701,27	-
2007	-	700,46	-
2008	-	723,79	-
2009	41,05	814,23	0,057
2010	42,54	888,44	0,071
2011	48,22	982,58	0,079
2012	58,49	1.178,83	0,096
2013	63,19	1.275,11	0,104
2014	62,22	1.370,66	0,102
2015	61,19	1.506,22	0,101
2016	69,49	1.636,78	0,115

Gambar 4.11 menunjukkan tren fluktuasi beban emisi NO<sub>x</sub> pada tahun 2006 hingga tahun 2016. Tahun 2006 hingga tahun 2008 didominasi oleh sektor transportasi *off road* berkisar antara 701,29 - 723,79 ton NO<sub>x</sub>. Tahun 2009 - 2016, sektor transportasi *on road* berkontribusi dalam beban emisi NO<sub>x</sub> pada kisaran 3,90% - 4,79% yaitu 41,05 - 69,49 ton NO<sub>x</sub>. Sektor transportasi *off road* pada kisaran 95,19% - 96,09%, yaitu 814,23 - 1.636,78 ton NO<sub>x</sub>. Sektor limbah padat berkontribusi pada kisaran 0,0067% - 0,0078% yaitu 0,057 - 0,115 ton NO<sub>x</sub>.

Berikut tabel 4.13 merupakan rekapitan hasil perhitungan dari keseluruhan sektor untuk parameter CO<sub>2</sub>.

Tabel 4. 13 Rekapitan Total Hasil Beban Emisi CO<sub>2</sub>

Tahun	On-road (ton)	Off-road (ton)	Limbah Padat Domestik (ton)
2006	-	221.699,59	-
2007	-	219.344,28	-
2008	-	218.336,09	-
2009	55.519,99	236.564,73	31,13
2010	57.340,29	250.535,69	38,66
2011	64.990,35	269.239,52	43,69

Tahun	<i>On-road</i> (ton)	<i>Off-road</i> (ton)	Limbah Padat Domestik (ton)
2012	78.840,68	314.999,03	52,57
2013	85.188,99	320.365,84	56,99
2014	83.867,20	327.491,24	55,95
2015	82.501,02	347.427,66	55,36
2016	93.694,74	374.689,93	62,92

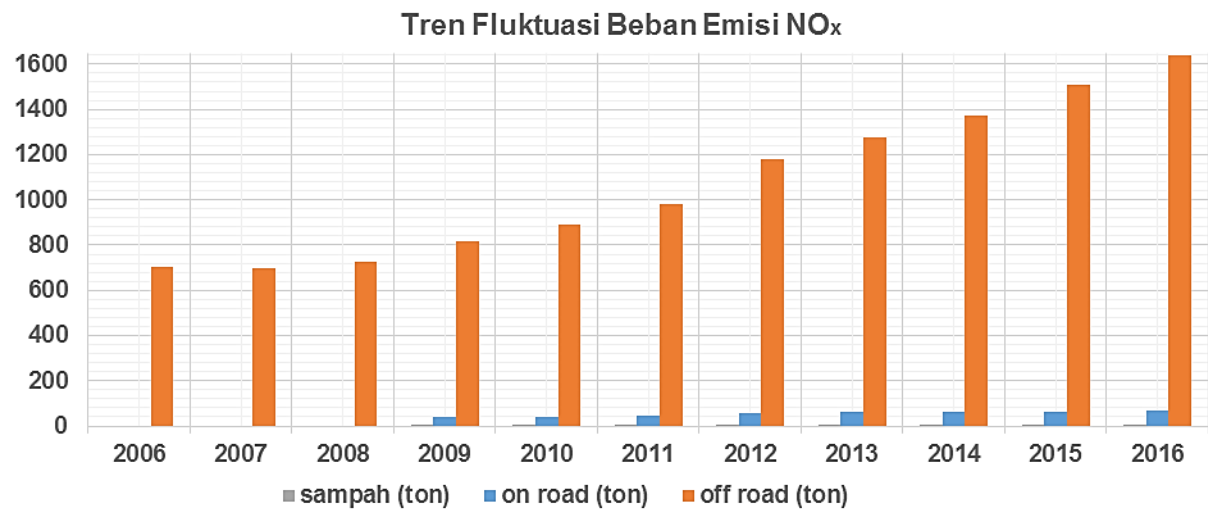
Gambar 4.12 menunjukkan tren fluktuasi beban emisi CO<sub>2</sub> pada tahun 2006 hingga tahun 2016. Tahun 2006 hingga tahun 2008 didominasi oleh sektor transportasi *off-road* berkisar antara 218.336,09 - 221.699,59 ton CO<sub>2</sub>. Tahun 2009 - 2016, sektor transportasi *on-road* berkontribusi dalam beban emisi CO<sub>2</sub> pada kisaran 18,63% - 21,01%, yaitu 55.519,99 - 93.694,74 ton CO<sub>2</sub>. Sektor transportasi *off road* pada kisaran 78,98% - 81,37% yaitu 236.564,73 - 374.689,93 ton CO<sub>2</sub>. Sektor limbah padat berkontribusi pada kisaran 0,011% - 0,014% yaitu 31,13 - 62,92 ton CO<sub>2</sub>.

Berikut tabel 4.14 merupakan rekapitan hasil perhitungan dari keseluruhan sektor untuk parameter CO<sub>2</sub>.

Tabel 4. 14 Rekapitan Total Hasil Beban Emisi CH<sub>4</sub>

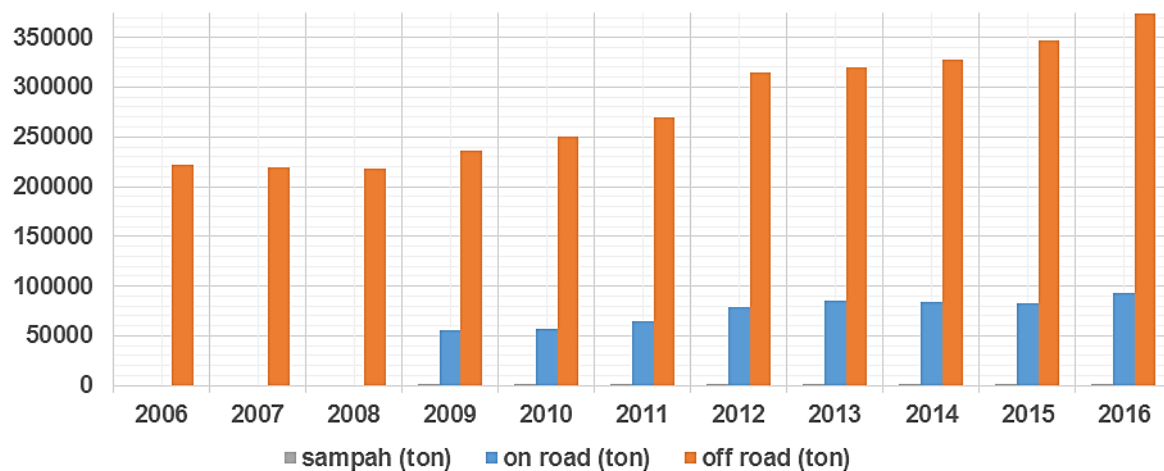
Tahun	<i>On-road</i> (ton)	<i>Off-road</i> (ton)	Limbah Cair Domestik (ton)
2006	-	13,44	-
2007	-	14,77	-
2008	-	12,24	-
2009	28.971,59	12,03	13,36
2010	29.854,09	11,18	18,25
2011	33.834,74	11,75	20,65
2012	41.058,48	13,24	24,58
2013	44.353,79	14,27	26,84
2014	43.667,05	14,12	26,31
2015	42.957,11	15,41	26,04
2016	48.790,14	16,75	29,52

Gambar 4.13 menunjukkan tren fluktuasi beban emisi CH<sub>4</sub> pada tahun 2006 hingga tahun 2016. Tahun 2006 hingga tahun 2008 didominasi oleh sektor transportasi *off road* berkisar antara 12,24 - 14,76 ton CH<sub>4</sub>. Tahun 2009 - 2016, sektor transportasi *on-road* berkontribusi dalam total beban emisi CH<sub>4</sub> pada kisaran 99,90% - 99,91% yaitu 28.971,59 - 48.790,14 ton CH<sub>4</sub>. Sektor transportasi *off-road* pada kisaran 0,032% - 0,046%, yaitu 11,18 - 16,75 ton



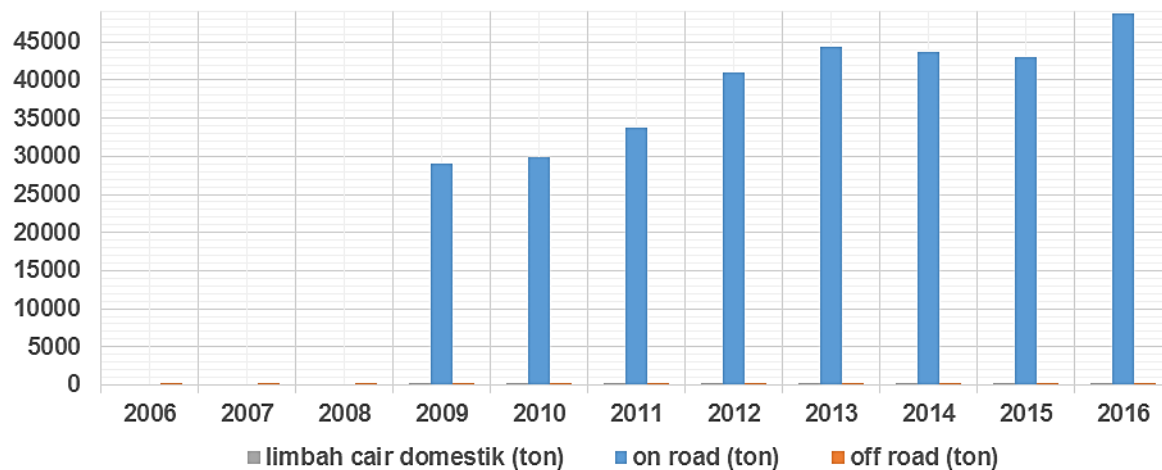
Gambar 4. 11 Tren Fluktuasi Beban Emisi NO<sub>x</sub> pada tahun 2006-2016

Tren Fluktuasi Beban Emisi CO<sub>2</sub>



Gambar 4. 12 Tren Fluktuasi CO<sub>2</sub> pada tahun 2006-2016

### Tren Fluktuasi Beban Emisi CH<sub>4</sub>



Gambar 4. 13 Tren Fluktuasi CH<sub>4</sub> pada tahun 2006-2016

CH<sub>4</sub>. Sektor limbah cair berkontribusi pada kisaran 0,046% - 0,061% yaitu 18,25 - 29,52 ton CH<sub>4</sub>.

Secara keseluruhan, tren fluktuasi polutan NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> pada tahun 2006-2016 berbanding lurus terhadap aktivitas manusia. Hal ini diakibatkan pada data yang diolah terbatas, sehingga kurang spesifik. Rekomendasi peningkatan kualitas inventarisasi melalui integrasi data, sesuai dengan pembahasan sektoral sebelumnya.

#### **4.5 Rekomendasi Alternatif**

Emisi yang terhitung pada penelitian kali ini tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu, karena satuan yang dihitung dalam satuan berat, bukan dalam satuan volum udara. Penelitian ini kemudian memberikan opsi alternative berupa pengoptimalan bagi pihak PT Angkasa pura I sebagai pengelola Bandar Udara Internasional Juanda.

Rekomendasi alternatif diutamakan pada sektor transportasi *off-road* (sebagai sektoral yang menghasilkan beban emisi dominan pada parameter NO<sub>x</sub> dan CO<sub>2</sub>) dan sektor transportasi *on-road* (sebagai sektoral yang menghasilkan beban emisi dominan pada parameter CH<sub>4</sub>). Alternatif dibagi menjadi 3 menurut Norton (2014), yaitu:

##### **a. Alternatif Perencanaan**

Pengembangan Perencanaan Aksi Iklim (*Climate Action Planning*), menggunakan dampak gas rumah kaca (inventarisasi emisi) sebagai parameter untuk mengambil keputusan, dan mengoptimalkan manajemen LTO pesawat. Alternatif ini meliputi keseluruhan emisi gas rumah kaca di Bandar udara, namun memperhitungkan emisi GRK dari LTO di Bandar Udara. Alternatif ini terbatas pada manajemen pengelolaan, dan biasanya tidak membutuhkan perubahan fisik Bandar Udara.

DPI (2010) menyebutkan, strategi yang dapat dilakukan adalah penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas. Tata guna lahan (perencanaan lahan parkir dan wilayah *drop*) dan perencanaan transportasi (kebijakan pelayanan angkutan), pengelolaan kebutuhan perjalanan (menyesuaikan tujuan penumpang), opsi transportasi massal publik (pengalihan dari kendaraan pribadi) dan transportasi non kendaraan bermotor.

Penggunaan bis Damri dapat dioptimalkan sebagai salah satu sarana penurunan emisi atas persen kontribusi transportasi mobil pribadi, taksi, maupun sepeda motor. Berdasarkan penelitian dari Indra J (2014), bahwa pelayanan bus Damri di wilayah Bandar Udara Juanda menghasilkan nilai indeks kepuasan sebesar 73,14, nilai mutu pelayanan “B”. Berdasarkan hasil tersebut, kerja unit pelayanan bis Damri dapat dikategorikan bagus. Nilai paling baik adalah 3,13 melalui indikator kepastian pelayanan dan kepastian biaya pelayanan. Nilai paling buruk berada pada indikator kepastian jadwal pelayanan, sebesar 2,75. Artinya, bis Damri menjadi transportasi yang potensial bagi alternatif pemilihan bagi penumpang. Tinggal bagaimana peningkatan layanan mutu, utamanya terkait ketepatan jadwal keberangkatan bis dan kewajaran atas biaya pelayanan.

Pihak Angkasapura dapat pula memberikan rekomendasi kepada pengelola Bis Damri, yaitu penggunaan gas CNG sebagai bahan bakar bis. Sesuai DPI (2010), penggunaan gas CNG pada angkutan umum dengan tingkat pengoperasian yang tinggi perlu direvitalisasi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar solar dan bensin yang mempunyai emisi lebih tinggi. Penetapan harga bahan bakar minyak yang lebih tepat akan membantu menciptakan insentif untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mendorong pencarian opsi-opsi transportasi yang lebih murah. Peningkatan kualitas bahan bakar akan mendukung penggunaan teknologi dan kendaraan modern yang hemat bahan bakar, sejalan dengan apa yang telah dicapai oleh negara-negara tetangga Indonesia di Asia. Tindakan-tindakan ini akan membantu mencapai pengurangan emisi dengan manfaat tambahan yang besar di dalam negeri.

Menurut laporan Oktaviani dan Kurniawaty (2016), beberapa kegiatan wajib PT. Angkasapura I. Berikut kegiatan yang dapat dioptimalkan berdasarkan alternatif perencanaan:

- **Inspeksi Lingkungan di Terminal 1 dan Terminal 2**

Kegiatan ini bertujuan agar pengolahan limbah cair dan limbah padat tetap berjalan efisien dan meningkatkan pelayanan pada pengguna jasa. Hal yang sangat disayangkan adalah pengontrolan terhadap teknis dari pengelolaan limbah cair dan limbah padat belum terekap secara rapi, sehingga inventarisasi belum optimal. Perlu ditelaah perihal pendataan



setiap kegiatan pengelolaan seperti dalam limbah padat, yaitu timbunan sampah yang dihasilkan, komposisi timbunan sampah, efisiensi pengumpulan sampah, efisien pengolahan oleh insenerator, dan timbunan sampah yang tidak di olah oleh insenerator (baik dijual maupun di olah oleh DKP). Pada pengolahan limbah cair perlu diperhatikan perihal debit yang diolah, lumpur yang di dapatkan sebagai bahan aspal pada Bandar Udara Juanda, dan gas CH<sub>4</sub> yang mungkin terolah.

- **Inspeksi Tempat Penampungan Sementara (TPS) di Terminal 1 dan Terminal 2**

Kegiatan ini bertujuan agar pengolahan limbah padat tetap berjalan efisien dan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan agar pelayanan yang diberikan Bandara Juanda tetap maksimal.

Alternatif ini pula, hanya memerlukan investasi yang kecil dan waktu yang sedikit untuk dihabiskan. Di sisi lain, kesulitan pada strategi ini adalah kebutuhan dalam melibatkan banyak pihak (seperti integrasi pendataan di *gate* untuk sektor *on-road*, data tipe pesawat beserta faktor emisinya untuk sektor *off-road*, detail pengelolaan untuk sektor limbah padat dan limbah cair domestik).

## **b. Alternatif Pengembangan**

Desain layout *airfield*, reduksi pada *runway* dan *taxiway*, memperbarui gerbang Bandar udara untuk meminimalisir pada kebutuhan unit daya tambahan (*auxiliary power unit*) pada saat *boarding* dan *deplaning* penumpang. Alternatif ini menggunakan pembaharuan secara spesifik dan modern terhadap Bandar udara. Investasinya cukup besar, implementasi dalam jangka waktu yang panjang, dan bergantung pada kebijakan Bandar udara. Hasil yang paling penting adalah, strategi ini mampu mereduksi potensi emisi yang cukup besar.

Rekomendasi pengalihan moda transportasi menjadi usulan yang patut dipertimbangkan. Penelitian oleh Hafizah (2015), direncanakan pengalihan transportasi masal sebanyak 70% transportasi pengguna Tol, yaitu mobil pribadi dan taksi. Pemilihan kereta api sebagai transportasi masal, yaitu memiliki kapasitas jumlah duduk untuk mengangkut penumpang dan memiliki ketepatan waktu sehingga melaju tanpa kemacetan. Estimasi dalam 1 rangkaian terdapat 5 gerbong, dengan setiap gerbong

berkapasitas 77 tempat duduk. 1 rangkaian dapat memuat 385 penumpang, dengan *head way* sekitar 30 menit. Melalui perencanaan ini, pengalihan pengguna mobil sebanyak 667 penumpang dan taksi 49 penumpang dapat terangkut oleh 2 kereta api dalam kurun waktu 1 jam. Perencanaan mampu mengurangi area drop sebanyak 12,42% dan *demand* lahan parkir 39,62%. Perencanaan ini patut dipertimbangkan, melihat tidak semua penumpang bertujuan ke stasiun Gubeng sebagai pemberhentian kereta api. Sangat dibutuhkan informasi tujuan penumpang, sehingga mampu memudahkan pemilihan angkutan moda transportasi.

### **c. Alternatif Ekonomi**

Pengembangan terhadap pembelian *carbon offset*, dan mengimplementasikan pembayaran berdasarkan emisi saat *landing*. Alternatif ini berpengaruh terhadap kuantifikasi moneter, untuk meningkatkan prioritas Bandar udara dalam bidang ekonomi. Strategi ini implementasinya kecil, namun investasinya bergantung pada pasar global yang berubah.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Fluktuasi emisi sektor transportasi *on-road* sangat bergantung pada jenis kendaraan, sedangkan sektor transportasi *off-road* sangat bergantung pada tipe pesawat. Fluktuasi emisi sektor limbah padat domestik bergantung pada efisiensi pembakaran di insenerator, sedangkan faktor emisi limbah cair domestik bergantung pada bangunan pengolahan. Fluktuasi beban emisi NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, maupun CH<sub>4</sub> pada sektor transportasi *on-road*, *off-road*, limbah padat domestik maupun limbah cair domestik didapatkan berupa:
  - a. Tren fluktuasi NO<sub>x</sub> tahun 2006 hingga tahun 2008 didominasi oleh sektor transportasi *off road* berkisar antara 701,27 - 723,79 ton NO<sub>x</sub>. Tahun 2009 - 2016, sektor transportasi *on road* berkontribusi dalam beban emisi NO<sub>x</sub> pada kisaran 3,90% - 4,79% yaitu 41,05 - 69,49 ton NO<sub>x</sub>. Sektor transportasi *off road* pada kisaran 95,19% - 96,09%, yaitu 814,23 - 1636,78 ton NO<sub>x</sub>. Sektor limbah padat berkontribusi pada kisaran 0,0067% - 0,0078% yaitu 0,057 - 0,115 ton NO<sub>x</sub>.
  - b. Tren fluktuasi CO<sub>2</sub> tahun 2006 hingga tahun 2008 didominasi oleh sektor transportasi *off road* berkisar antara 218.336,09 - 221.699,59 ton CO<sub>2</sub>. Tahun 2009 - 2016, sektor transportasi *on-road* berkontribusi dalam beban emisi CO<sub>2</sub> pada kisaran 18,62% - 21,00%, yaitu 55.519,99 - 93.694,74 ton CO<sub>2</sub>. Sektor transportasi *off road* pada kisaran 78,98% - 81,37% yaitu 236.564,73 - 374.689,93 ton CO<sub>2</sub>. Sektor limbah padat berkontribusi pada kisaran 0,011% - 0,014% yaitu 31,133 - 62,922 ton CO<sub>2</sub>.
  - c. Tren fluktuasi CH<sub>4</sub> tahun 2006 hingga tahun 2008 didominasi oleh sektor transportasi *off road* berkisar antara 12,24 - 14,76 ton CH<sub>4</sub>. Tahun 2009 - 2016, sektor transportasi *on-road* berkontribusi dalam total beban emisi CH<sub>4</sub> pada kisaran 99,90% - 99,91% yaitu 28.971,59 - 48.790,14 ton CH<sub>4</sub>. Sektor transportasi *off-road* pada

kisaran 0,032% - 0,042%, yaitu 11,18 - 16,75 ton CH<sub>4</sub>.  
Sektor limbah cair berkontribusi pada kisaran 0,046% - 0,061% yaitu 18,25 - 29,52 ton CH<sub>4</sub>.

2. Alternatif yang disarankan pada sektor off-road berupa manajemen LTO (kegiatan *taxi*). Pada transportasi *on-road*, yaitu realisasi pengadaan dan penggunaan kereta api. Alternatif dalam jangka panjang terbagi atas 3, yaitu perencanaan, pengembangan dan ekonomi. Alternatif perencanaan meliputi manajemen LTO, pengoptimalan kinerja dan rekomendasi pengalihan bahan bakar CNG bagi bis Damri, pengoptimalan program PT. Angkasapura pada kegiatan inspeksi lingkungan dan TPS di Terminal 1 dan terminal 2. Alternatif pengembangan meliputi desain layout *airfield*, reduksi pada *runway* dan *taxiway*, memperbaiki gerbang Bandar udara untuk meminimalisir pada kebutuhan unit daya tambahan (*auxiliary power unit*) saat *boarding* dan *deplaning* penumpang pesawat, dan pengalihan transportasi *on-road*, yaitu realisasi penggunaan kereta api. Strategi ekonomi meliputi pembelian *carbon offset* dan mengimplementasikan pembayaran berdasarkan emisi saat *landing*.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengambilan data primer terkait aktivitas pada sektor transportasi *on-road* secara berkala (perhitungan melalui *gate*), *off-road* (spesifikasi tipe pesawat dan bahan bakar), sektor limbah padat (detail data pengelolaan sampah dan efisiensi insenerator) dan limbah cair (detail data pengelolaan limbah cair pada masing-masing bangunan pengolahan).
2. Melakukan penelitian detail perihal segala aktivitas yang dilakukan dalam Bandar Udara Juanda dan integrasi data terpusat pada PT. Angkasapura untuk pengembangan Bandar Udara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, M. 2005. ***Espoo: VTT Processes: Unpublished material from measurements from biowaste composts.*** (Personal communication).
- Ashford, N.J., Mumayiz, S., dan Wright, P.H. 2011. ***Airport Engineering Planning, Design and Development of 21st Century Airports.*** Edisi ke 4. John Wiley & Sons, Inc.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim. 2010. ***Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi Sektor Transportasi.*** Jakarta: Dewan Nasional Perubahan Iklim
- Direktorat Jenderal Minyak dan Direktorat Pengolahan dan Niaga Migas. 2004. ***Kebijakan Penyediaan dan Mutu Bahan Bakar Minyak untuk Kendaraan Bermotor.*** Jakarta:
- Doorn, M.R.J., Strait, R., Barnard, W., dan Eklund, B. 1997. ***Estimate of Global Greenhouse Gas Emissions from Industrial and Domestic Wastewater Treatment.*** New York City: Final Report, EPA-600/R-97-091, Prepared for United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park.
- Dorling Kindersly. 2013. ***THE AIRCRAFT BOOK: THE DEFINITIVE VISUAL HISTORY.*** London: Penguin Random House Company.
- Fahrizal, Mochammad Sony., Ervina Ahyudanari dan Arie Dipareza Syafei. 2012. ***Analisis Pertumbuhan Penggunaan Pesawat Terhadap Beban Emisi Karbon Bandar Udara Internasional Juanda.*** ITS: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
- Hafizah, Nafilah El. 2015. ***Evaluasi Karakteristik Penggunaan Moda Akses Bandar Udara Juanda Surabaya sebagai Dasar Usulan Pengadaan Transportasi Massal Menuju Bandara.*** ITS: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
- ICAO. 2011. ***AIRPORT AIR QUALITY MANUAL. CORRIGENDUM NO. 1. First Edition. Doc 9889.***
- Indra J, Ardhani. 2014. ***Indeks Kepuasan Masyarakat pada Pelayanan Bus Damri Khusus Bandara Juanda.*** Surabaya: Jurnal Kebijakan dan manajemen Publik. Vol. 2, No. 1.

- IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 3: Mobile Combustion. Vol.2**
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2013. **Buku I :Pedoman Umum Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.**
- Klein, et al. 2016. **Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands - accompanying tables.**
- Martinez, Isidoro. 2016. **FUEL PROPERTIES.**
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2010. **PELAKSANAAN PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DI DAERAH.**
- Ministry of the Environment Japan. 2011. **Guidelines for Developing emission Inventory in East Asia.**
- Norton, Travis M. 2014. **Aircraft Greenhouse Gas Emissions during the Landing and Takeoff Cycle at Bay Area Airports. Master's Projects. Paper 15.**
- Ohara, T., Akimoto, H., Kurokawa, J., Horii, N., Yamaji, K., Yan, X., dan Hayasaka, T. 2007. **An Asian Emission Inventory of Anthropogenic Emission Sources for the Period 1980-2020.** Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 4419-4444.
- Oktaviani dan Kurniawaty (2016). **Kerja Praktik Pengelolaan Limbah Padat dan Limbah Cair di Bandar Udara Juanda.** Surabaya: Universitas Airlangga.
- Republik Indonesia. 2010. **PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR 12 TAHUN 2010 TENTANG PELAKSANAAN PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DI DAERAH.** Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Republik Indonesia. 2014. **LAPORAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA TAHUN 2014.** Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Purwanto, Christine Prita., I Wayan Arthana, I Wayan Suarna. 2015. **INVENTARISASI EMISI SUMBER BERGERAK DI JALAN (ON ROAD) KOTA DENPASAR.** Jurnal ECOTROPHIC 9 (1) : 1 – 9. ISSN : 1907-5626.
- Shrestha, R.M., Kim Oanh, N.T., Shrestha, R. P., Rupakheti, M., Rajbhandari, S., Permadi, D.A., Kanabkaew, T., dan Iyngararasan, M. 2013. **Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual.** Nairobi: United Nations Environment Programme.

- Seinfeld, J.H. dan Pandis, S.N.1998. ***Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change***. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- SIDONEWS.com. **Jumlah Penumpang Pesawat 2014 Naik** [Internet]. Padamu Negeri Untuk Pendidikan Indonesia, 3 Januari 2015, [dikutip 19 Oktober 2017]. Tersedia dari: <https://ekbis.sindonews.com/read/945650/34/jumlah-penumpang-pesawat-2014-naik-1420275905>
- Slamet S., Lilik. 2010. **Potensi dan dampak polusi udara dari sektor penerbangan**. Vol 7, no. 2. Lapan Jakarta.
- Sukarto, H. 2006. **Transportasi Perkotaan dan Lingkungan**. Jurnal Teknik Sipil. Vol. 3. No.2.
- Yamin, M et.al. 2009. **Pencemaran Udara Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida Akibat Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Padat Lalu Lintas Di Kota Makassar**. Surabaya: Simposium XII FSTPT UK Petra.
- Winther, Morten. 2012. **DANISH EMISSION INVENTORIES FOR ROAD TRANSPORT AND OTHER MOBILE SOURCES. In-ventories until the year 2010. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 283 pp.**
- Winther, Morten dan Rypdal, Kristin. 2010. **EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009, updated December 2010 1.A.3.a, 1.A.5.b Aviation.**
- Winther, Morten dan Rypdal, Kristin. 2014. **EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update July 2014. 1.A.3.a, 1.A.5.b Aviation.**
- Winther, Morten dan Rypdal, Kristin. 2017. **EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update Nov. 2016. 1.A.3.a, 1.A.5.b Aviation.**
- Winther, Morten dan Rypdal, Kristin. 2017. **EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update July 2017. 1.A.3.a, 1.A.5.b Aviation.**
- Wiratama, Caesar. 2016. **Fase Penerbangan Pesawat Terbang**. (Online), (<http://aeroengineering.co.id/2016/03/fase-penerbangan-pesawat-terbang/>), diakses pada 16 Februari, 2017).
- \_. 2010. **Annex 3.1 Detailed data for estimating CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from national and international aviation.**





**LAMPIRAN I**  
**Denah**

Gambar 1. Denah Lintasan Kendaraan Darat

Gambar 2. Lintasan Pesawat

Gambar 3. Unit Pengolahan Insenerator

Gambar 4. Unit Pengolahan STP1 (*Sewage Treatment Plant*)

Gambar 5. Unit Pengolahan STP2 (Sewage Treatment Plant)  
”

## LAMPIRAN II

### Data-data Penelitian

Tabel 1 Data Transportasi *On-road*

Tahun	Bensin	Bensin		Solar	Total
	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Taksi	Bis	
2009	2.842.043	5.967.083	1.035.660	7.063	9.851.849
2010	3.205.429	6.010.085	1.168.081	7.966	10.391.561
2011	3.642.345	6.806.688	1.327.296	9.052	11.785.381
2012	4.366.055	8.286.957	1.591.020	10.850	14.254.882
2013	4.760.719	8.929.878	1.734.839	11.831	15.437.267
2014	4.681.064	8.794.593	1.705.812	11.632	15.193.101
2015	4.599.220	8.654.487	1.675.987	11.430	14.941.124
2016	5.204.715	9.839.192	1.896.634	12.934	16.953.475

Tabel 2 Data Limbah Padat

Tahun	Total Populasi di Juanda	Total Sampah yang Dibakar
	(orang)	(ton)
2009	26.681.181	31,607
2010	33.135.582	39,253
2011	37.447.928	44,361
2012	45.054.999	53,373
2013	48.847.252	57,866
2014	47.948.730	56,801
2015	47.444.372	56,203
2016	53.924.985	63,880

Tabel 3 Data Limbah Cair

Tahun	Total Populasi Terminal 1	Total Populasi Terminal 2	Total Populasi di Juanda	TOW
	(orang)	(orang)	(orang)	(ton BOD)
2009	18.209.403	8.471.778	26.681.181	475,154
2010	20.698.398	12.437.184	33.135.582	611,866
2011	23.368.035	14.079.893	37.447.928	691,769
2012	28.420.503	16.634.496	45.054.999	828,822
2013	30.581.532	18.265.720	48.847.252	901,209
2014	30.062.830	17.885.900	47.948.730	884,134
2015	29.743.718	17.700.654	47.444.372	874,867
2016	33.893.561	20.031.424	53.924.985	993,379

Tabel 4 Data LTO Kedatangan 2006-2016

Tahun	Januari	Febru- ari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agus- tus	Septem- ber	Okto- ber	Novem- ber	Desem- ber
	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG	DTG
2006	3.683	3.247	3.502	3.441	3.545	3.823	4.229	4.153	3.810	3.793	4.196	4.197
2007	3.722	3.102	3.724	3.473	3.469	3.452	3.758	3.854	3.533	3.816	3.853	4.106
2008	3.869	3.657	3.869	3.529	3.612	3.748	3.791	3.555	3.625	3.883	3.736	4.015
2009	3.929	3.390	3.809	3.971	4.126	3.895	4.121	3.798	3.789	4.247	3.941	4.198
2010	4.030	3.814	3.775	4.112	4.467	4.255	4.151	3.848	4.125	4.297	4.268	4.819
2011	4.770	4.123	4.650	4.264	4.523	4.791	5.027	4.667	5.022	5.357	5.190	5.484
2012	5.481	4.943	5.474	5.185	5.372	5.641	5.615	5.939	5.840	6.153	6.200	6.247
2013	6.190	4.967	5.702	5.682	5.950	5.967	5.515	6.180	5.741	5.956	5.764	6.009
2014	5.898	4.589	5.458	5.106	5.621	5.628	5.435	6.063	6.200	5.970	5.815	6.324
2015	5.680	4.803	5.308	5.539	5.924	5.446	6.044	6.061	5.520	5.833	5.771	6.576
2016	6.448	5.776	6.345	6.036	6.372	5.880	6.859	6.246	6.003	6.174	5.887	6.291



Tabel 5. Data LTO Keberangkatan 2006-2016

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK	BRK
2006	3.632	3.245	3.508	3.454	3.553	3.835	4.218	4.151	3.807	3.793	4.196	4.198
2007	3.720	3.096	3.713	3.473	3.456	3.460	3.762	3.827	3.527	3.830	3.858	4.103
2008	3.869	3.652	3.867	3.538	3.620	3.761	3.786	3.582	3.625	3.902	3.752	4.015
2009	3.929	3.387	3.821	3.993	4.124	3.905	4.135	3.820	3.793	4.234	3.954	4.222
2010	4.037	3.819	3.779	4.125	4.462	4.239	4.152	3.852	4.134	4.300	4.263	4.805
2011	4.748	4.172	4.641	4.265	4.531	4.782	5.028	4.677	5.012	5.325	5.197	5.476
2012	5.473	4.927	5.476	5.182	5.380	5.645	5.621	5.935	5.841	6.144	6.201	6.255
2013	6.185	4.957	5.695	5.685	5.918	5.981	5.521	6.170	5.721	5.954	5.854	5.996
2014	5.925	4.589	5.446	5.099	5.614	5.622	5.422	6.049	6.201	5.976	5.812	6.333
2015	5.592	4.808	5.297	5.544	5.932	5.444	6.044	6.062	5.527	5.820	5.755	6.549
2016	6.442	5.775	6.342	6.041	6.371	5.877	6.847	6.247	6.013	6.156	5.887	6.282

**LAMPIRAN III**  
**Bahan Bakar dan Faktor Emisi Transportasi *Off-road***

Tabel 6 Bahan Bakar dan Faktor Emisi Transportasi *Off-road* Penerbangan Domestik

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
Penerbangan Domestik						
2T34C	Beech / Beechcraft 45 Mentor (T-34)	Beech King Air	70,00 <sup>1</sup>	0,30 <sup>1</sup>	230 <sup>1</sup>	0,06 <sup>2</sup>
A124	Antonow / Antonov An-124 Ruslan	B747 400	1.333,75 <sup>3</sup>	51,524 <sup>4</sup>	7.309 <sup>4</sup>	0,09 <sup>4</sup>
A306	Airbus A300	A310	1.723,1 <sup>5</sup> /1.723,14 <sup>6</sup>	25,9 <sup>5</sup> /25,86 <sup>6</sup>	5.427,9 <sup>5</sup> /5.427,89 <sup>6</sup>	0,2 <sup>3</sup>
A319	Airbus A319	A320	688,80 <sup>5</sup>	7,5 <sup>5</sup> /7,46 <sup>6</sup>	2.169,8 <sup>5</sup> /2.169,79 <sup>6</sup>	0,2 <sup>7</sup>
A320	Airbus A320	A320	873,3 <sup>5</sup> /816,17 <sup>7</sup>	10,8 <sup>5</sup> /11,28 <sup>6</sup>	2.570,7 <sup>5</sup> /2.570,93 <sup>6</sup>	0,2 <sup>7</sup>
A321	Airbus A320	A320	960,00 <sup>1</sup>	10,80 <sup>5</sup>	2.570,7 <sup>5</sup>	0,2 <sup>7</sup>
A322	Airbus A320	A320	532,087 <sup>4</sup>	9,582 <sup>4</sup>	1.666 <sup>4</sup>	0,21 <sup>3</sup>
A330	Airbus A330	A330	2.231,50 <sup>8</sup>	35,57 <sup>1</sup>	7.029 <sup>7</sup>	0,2 <sup>7</sup>
A332	Airbus A330	A330	2.231,5 <sup>5</sup> /2.168,08 <sup>7</sup>	35,6 <sup>5</sup> /35,32 <sup>6</sup>	7.029,3 <sup>5</sup> /6.829,44 <sup>6</sup>	0,2 <sup>7</sup>

<sup>1</sup> ICAO, 2011    <sup>3</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>2</sup> Norton, 2014    <sup>4</sup> Winther, 2012.

<sup>5</sup> Morten dan Rypdal, 2014

<sup>6</sup> Morten dan Rypdal, 2017

<sup>7</sup> Morten dan Rypdal, 2016

<sup>8</sup> Morten dan Rypdal, 2010

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
A333	Airbus A330	A330	1.884 <sup>5</sup> /2.168,08 <sup>7</sup>	27,6 <sup>5</sup> /35,32 <sup>6</sup>	5.934,6 <sup>5</sup> /6.829,44 <sup>6</sup>	0,2 <sup>7</sup>
AL11	American Legend AL	-		-	-	-
AN22	Antonow / Antonov An-22	Lockheed C-130H Hercules	214,00 <sup>2</sup>	1,555 <sup>2</sup>	670 <sup>2</sup>	0.05 <sup>2</sup>
AN24	Antonow / Antonov An-24	F50	95,75 <sup>2</sup>	1,043 <sup>2</sup>	300 <sup>2</sup>	0,14 <sup>3</sup>
AS35	Eurocopter / Aerospatiale AS 350 Ecureuil / AS 550 Fennec (H125M)	S61	200,00 <sup>3</sup>	0,133 <sup>4</sup>	90,9 <sup>4</sup>	0,03 <sup>3</sup>
AS36	Eurocopter / Aerospatiale AS 365 Dauphin / AS 565 Panther		200,00 <sup>3</sup>	0,16 <sup>4</sup>	139,7 <sup>4</sup>	0,03 <sup>3</sup>
AS220	-	-	-	-	-	-
AS365	Eurocopter / Aerospatiale AS 365 Dauphin / AS 565 Panther		200,00 <sup>3</sup>	0,51 <sup>4</sup>	139,7 <sup>4</sup>	0,03 <sup>3</sup>

<sup>2</sup> Winther, 2012.

<sup>3</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>4</sup> Klein, *et al.*, 2016.

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
AT72	ATR, Avions de Transport Regional ATR 72	ATR 72-200	200,00 <sup>3</sup>	1,99 <sup>6</sup>	635,8 <sup>6</sup>	0,03 <sup>4</sup>
ATR42	ATR, Avions de Transport Regional ATR 42	-	200,00 <sup>4</sup>	1,99 <sup>6</sup>	635,8 <sup>6</sup>	0,03 <sup>4</sup>
ATR72	ATR, Avions de Transport Regional ATR 72	-	200,00 <sup>4</sup>	1,99 <sup>6</sup>	635,8 <sup>6</sup>	0,03 <sup>4</sup>
ATR76	ATR, Avions de Transport Regional ATR 72-600	-	200,00 <sup>4</sup>	1,82 <sup>6</sup>	635,8 <sup>6</sup>	0,03 <sup>4</sup>
AW109	Agusta / AgustaWestland A109 / AW109	-	-	0,0982 <sup>6</sup>	111,798 <sup>6</sup>	
B010	-	-	-			
B0105	MBB, Messerschmitt-Bölkow-Blohm Bo 105	-	48,676 <sup>5</sup>	0,122 <sup>6</sup>	127,1 <sup>6</sup>	0,003 <sup>5</sup>

<sup>3</sup> ICAO, 2011

<sup>4</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>5</sup> Winther, 2012

<sup>6</sup> Klein, *et al.*, 2016

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
B105	MBB, Messerschmitt-Bölkow-Blohm Bo 105	-	48,676 <sup>4</sup>	0,122 <sup>6</sup>	127,1 <sup>6</sup>	0,003 <sup>5</sup>
B145	-	-	-	-	-	-
B190	Beech / Beechcraft 1900 (Airliner)	Beech 1900C Airliner	47,45 <sup>4</sup>	0,38 <sup>5</sup>	272,55 <sup>5</sup>	0,036 <sup>4</sup>
B200	Beechcraft King Air B200	Shorts 360 300	67,65 <sup>4</sup>	0,33 <sup>5</sup>	220,88 <sup>5</sup>	0,038 <sup>4</sup>
B206	Bell Helicopter Bell 206LT Twin Ranger	S61	48,676 <sup>4</sup>	0,06 <sup>5</sup>	63,6 <sup>5</sup>	0,003 <sup>4</sup>
B402			24,25 <sup>4</sup>	0,138 <sup>4</sup>	76,0 <sup>4</sup>	0,001 <sup>6</sup>
B407	Bell Helicopter Bell 407	S61	48,676 <sup>4</sup>	0,10 <sup>5</sup>	80,60 <sup>5</sup>	0,003 <sup>4</sup>
B412	Bell Helicopter Bell 412	S61	48,676 <sup>4</sup>	0,43 <sup>5</sup>	247,0 <sup>5</sup>	0,003 <sup>4</sup>
B412EP	Bell Helicopter Bell 412	S61	48,676 <sup>4</sup>	0,43 <sup>5</sup>	247,0 <sup>5</sup>	0,003 <sup>4</sup>
B417			48,676 <sup>4</sup>	0,43 <sup>5</sup>	247,0 <sup>5</sup>	0,003 <sup>4</sup>

<sup>4</sup> Winther, 2012.

<sup>5</sup> Klein, *et al.*, 2016.

<sup>6</sup> Norton, 2014

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
B427	Bell Helicopter / KAI Bell 427 / SB427		48,676 <sup>5</sup>	0,385 <sup>6</sup>	152,0 <sup>6</sup>	0,003 <sup>5</sup>
B429	Bell Helicopter 429 Global Ranger	S61	48,676 <sup>5</sup>	0,385 <sup>6</sup>	152,0 <sup>6</sup>	0,003 <sup>5</sup>
B732	Boeing 737-200	B737 400	870,00 <sup>6</sup>	6,74 <sup>6</sup>	2.740,0 <sup>6</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B733	Boeing 737-300	B737 400	780,00 <sup>6</sup>	7,19 <sup>6</sup>	2.480,0 <sup>6</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B734	Boeing 737-400	B737 400	780,00 <sup>6</sup>	7,19 <sup>6</sup>	2.480,0 <sup>6</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B735	Boeing 737-500	B737 400	780,00 <sup>6</sup>	7,19 <sup>6</sup>	2.480,0 <sup>6</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B735R	Boeing 737-500	B737 400	780,00 <sup>6</sup>	7,19 <sup>6</sup>	2.480,0 <sup>6</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B737	Boeing 737-700	B737 400	779,2 <sup>8</sup> /824,7 <sup>9</sup>	9,12 <sup>6</sup> /9,1 <sup>8</sup>	2.454,5 <sup>8</sup> /2.597,7 <sup>9</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B738	Boeing 737-800	B737 400	881,10 <sup>9</sup>	12,3 <sup>6</sup> /13,2 <sup>8</sup>	2.775,5 <sup>9</sup>	0,07 <sup>10</sup>
B739	Boeing 737-900	B737 400	880,00 <sup>6</sup>	12,3 <sup>6</sup>	2.780,0 <sup>6</sup>	0,07 <sup>10</sup>
B739ER	Boeing 737-900	B737 400	880,00 <sup>6</sup>	12,3 <sup>6</sup>	2.780,0 <sup>6</sup>	0,07 <sup>10</sup>
B744	Boeing 747-400	B737 400	3.319,70 <sup>9</sup>	42,88 <sup>6</sup> /44,5 <sup>8</sup>	10.457 <sup>8</sup> /10.456,98 <sup>9</sup>	0,2 <sup>7</sup>

<sup>5</sup> Winther, 2012

<sup>6</sup> ICAO, 2011

<sup>7</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>8</sup> Morten dan Rypdal, 2014

<sup>9</sup> Morten dan Rypdal, 2016

<sup>10</sup> Norton, 2014

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
B76	Boeing 767		1.434,33 <sup>7</sup>	20,20 <sup>8</sup>	3.150,0 <sup>9</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B767	Boeing 767	B767 300 ER	1.617,00 <sup>9</sup>	20,20 <sup>8</sup>	3.150,0 <sup>9</sup>	0,1 <sup>7</sup>
B900X						
BE20	Beech / Beechcraft (Super) King Air 200	Beech Super King Air 200B	42,35 <sup>10</sup>	0,33 <sup>8</sup>	242,3 <sup>8</sup>	0,06 <sup>11</sup>
BE30	Beech / Beechcraft (Super) King Air 300	Beech Super King Air 350	47,15 <sup>10</sup>	0,33 <sup>8</sup>	242,3 <sup>8</sup>	0,06 <sup>11</sup>
BE40	Hawker-Beechcraft (Raytheon) / Mitsubishi Hawker 400XP / Beechjet 400 / MU-300 Diamond	RJ 100	130,90 <sup>10</sup>	0,35 <sup>8</sup>	245,96 <sup>8</sup>	0,06 <sup>11</sup>
BELL206	Bell Helicopter Bell 206LT Twin Ranger			0,06 <sup>8</sup>	63,55 <sup>8</sup>	0,003 <sup>10</sup>

<sup>7</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>8</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>9</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>10</sup> Winther, 2012

<sup>11</sup> Norton, 2014

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
BELL412	Bell Helicopter Bell 412			0,43 <sup>9</sup>	247 <sup>9</sup>	0,003 <sup>10</sup>
BELL412EP	Bell Helicopter Bell 412			0,43 <sup>9</sup>	247 <sup>9</sup>	0,003 <sup>10</sup>
BK117	MBB / Kawasaki / Eurocopter BK117	S61	48,676 <sup>10</sup>	0,17 <sup>9</sup>	143,01 <sup>9</sup>	0,003 <sup>10</sup>
BK17	MBB / Kawasaki / Eurocopter BK117	S61	48,676 <sup>10</sup>	0,17 <sup>9</sup>	143,01 <sup>9</sup>	0,003 <sup>10</sup>
BN2A	Britten-Norman BN-2 Islander	Shorts 360 300	67,65 <sup>10</sup>	0,015 <sup>9</sup>	72,71 <sup>9</sup>	0,038 <sup>10</sup>
BO105	MBB, Messerschmitt-Bölkow-Blohm Bo 105		48,676 <sup>10</sup>	0,122 <sup>9</sup>	127,1 <sup>9</sup>	0,003 <sup>10</sup>
C130	Lockheed / Lockheed Martin C-130 Hercules / L-100	S61	48,676 <sup>10</sup>	0,385 <sup>10</sup>	152 <sup>10</sup>	0,003 <sup>10</sup>
C172	Cessna 172 Skyhawk		1.394,93 <sup>10</sup>	0,0187 <sup>9</sup>	15,05 <sup>9</sup>	0,438 <sup>10</sup>

<sup>9</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>10</sup> Winther, 2012



Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
C208	Cessna 208 Caravan	Cessna 208 Caravan	24,25 <sup>11</sup>	0,165 <sup>12</sup>	100,02 <sup>12</sup>	0,001 <sup>11</sup>
C212AB4	CASA C-212 Aviocar		67,65 <sup>11</sup>	0,354 <sup>11</sup>	212 <sup>11</sup>	0,038 <sup>11</sup>
C212CC4	CASA C-212 Aviocar		67,65 <sup>11</sup>	0,354 <sup>11</sup>	212 <sup>11</sup>	0,038 <sup>11</sup>
C212	CASA C-212 Aviocar	Shorts 360 300	67,65 <sup>11</sup>	0,354 <sup>11</sup>	212 <sup>11</sup>	0,038 <sup>11</sup>
C235	EADS CASA C-235/295/M	Shorts 360 300	67,65 <sup>11</sup>	0,354 <sup>11</sup>	212 <sup>11</sup>	0,038 <sup>11</sup>
C280	Cessna 208 Caravan	Cessna 208 Caravan	24,25 <sup>11</sup>	0,138 <sup>11</sup>	76 <sup>11</sup>	0,001 <sup>11</sup>
C295	CASA C-295	Shorts 360 300	67,65 <sup>11</sup>	0,354 <sup>11</sup>	212 <sup>11</sup>	0,038 <sup>11</sup>
C402	Cessna 401 & 402		24,25 <sup>11</sup>	0,138 <sup>11</sup>	76 <sup>11</sup>	0,438 <sup>11</sup>
C56X	Cessna 560XL Citation Excel	RJ 100	130,90 <sup>11</sup>	1,007 <sup>11</sup>	410 <sup>11</sup>	0,33 <sup>13</sup>
C650	Cessna 650 Citation III, VI, VII	RJ 100	130,90 <sup>11</sup>	0,63 <sup>12</sup>	237,56 <sup>12</sup>	0,012 <sup>11</sup>
CESSNA			130,90 <sup>11</sup>	1,007 <sup>9</sup>	410 <sup>9</sup>	0,33 <sup>13</sup>
CL60	Airbus A330-300	RJ 100	330,00 <sup>14</sup>	1,78 <sup>12</sup>	785,01 <sup>12</sup>	0,2 <sup>14</sup>

<sup>11</sup> Winther, 2012

<sup>12</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>13</sup> Norton, 2014

<sup>14</sup> Morten dan Rypdal, 2010

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
CN21			2.231,5 <sup>12</sup>	1,043 <sup>13</sup>	300 <sup>13</sup>	0,14 <sup>14</sup>
CN23	Airtech (CASA / IPTN) CN-235		95,75 <sup>13</sup>	1,043 <sup>13</sup>	300 <sup>13</sup>	0,14 <sup>14</sup>
CN29			95,75 <sup>13</sup>	1,043 <sup>13</sup>	300 <sup>13</sup>	0,14 <sup>14</sup>
CN35	Airtech (CASA / IPTN) CN-235	F50	95,75 <sup>13</sup>	1,043 <sup>13</sup>	300 <sup>13</sup>	0,14 <sup>14</sup>
CN235	Airtech (CASA / IPTN) CN-235		95,75 <sup>13</sup>	1,043 <sup>13</sup>	300 <sup>13</sup>	0,14 <sup>14</sup>
CN295						
CRJ1000	Bombardier CRJ 1000		330,00 <sup>14</sup>	1,78 <sup>13</sup>	785 <sup>15</sup>	0,06 <sup>14</sup>
CRJX	Bombardier CRJX		330,00 <sup>14</sup>	1,78 <sup>13</sup>	785 <sup>15</sup>	0,06 <sup>14</sup>
DHC6	de Havilland Canada DHC-6 Twin Otter	Shorts 360 300	200,00 <sup>14</sup>	0,354 <sup>13</sup>	212 <sup>13</sup>	0,038 <sup>13</sup>
DHC7	de Havilland Canada DHC-7 Dash 7		200,00 <sup>14</sup>	0,668 <sup>13</sup>	362 <sup>13</sup>	0,038 <sup>13</sup>
E135	EMBRAER EMB 135 / ERJ 135	RJ 100	310,00 <sup>14</sup>	2,45 <sup>15</sup>	759,88 <sup>15</sup>	0,012 <sup>13</sup>

<sup>12</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>13</sup> Winther, 2012

<sup>14</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>15</sup> Klein, *et al.*, 2016

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
E135BJ	EMBRAER EMB 135 / ERJ 135	RJ 100	310,00 <sup>13</sup>	2,45 <sup>14</sup>	759,88 <sup>14</sup>	0,012 <sup>15</sup>
E155	E155 Dassault-Breguet-Dornier Alpha Jet E		310,00 <sup>13</sup>	0,19 <sup>14</sup>	151,07 <sup>14</sup>	0,06 <sup>13</sup>
E195	E195-E2 Embraer Commercial Jet	B737 100	310,00 <sup>13</sup>	4,52 <sup>14</sup>	1.450,85 <sup>14</sup>	0,024 <sup>15</sup>
E480			310,00 <sup>13</sup>	0,06 <sup>14</sup>	64,96 <sup>14</sup>	0,06 <sup>13</sup>
EA33	Airbus A330-300	A330	2.231,50 <sup>16</sup>	35,57 <sup>17</sup>	7.029 <sup>16</sup>	0,2 <sup>16</sup>
EC12	Eurocopter EC120 Colibri	S61	48,676 <sup>15</sup>	0,0655 <sup>14</sup>	65,6 <sup>14</sup>	0,003 <sup>15</sup>
EC120B	Airbus/Eurocopter EC 120B		48,676 <sup>15</sup>	0,0655 <sup>14</sup>	65,6 <sup>14</sup>	0,003 <sup>15</sup>
EC135	Airbus / Eurocopter H135 / EC 135 / EC 635		48,676 <sup>15</sup>	0,143 <sup>14</sup>	134,2 <sup>14</sup>	0,003 <sup>15</sup>
EC155	Airbus / Eurocopter H155 / EC 155	S61	48,676 <sup>15</sup>	0,19 <sup>14</sup>	151,07 <sup>14</sup>	0,003 <sup>15</sup>

<sup>13</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>14</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>15</sup> Winther, 2012

<sup>16</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>17</sup> ICAO, 2011

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
EC35	Airbus / Eurocopter H135 / EC 135 / EC 635	S61	48,676 <sup>14</sup>	0,143 <sup>15</sup>	134,2 <sup>15</sup>	0,003 <sup>14</sup>
F27	Fokker F27 Friendship	Fokker 27 Friendship	95,75 <sup>14</sup>	0,30 <sup>17</sup>	217,15 <sup>17</sup>	0,14 <sup>17</sup>
F28	Fokker F28 Fellowship	F28	760,00 <sup>18</sup>	5,75 <sup>18</sup>	2.390 <sup>18</sup>	3,3 <sup>17</sup>
F50	Fokker Fokker 50	F50	760,00 <sup>19</sup>	1,88 <sup>15</sup>	584,6 <sup>15</sup>	0,14 <sup>19</sup>
F100	Fokker Fokker 100	F100	760,00 <sup>18</sup>	5,75 <sup>18</sup>	2.390 <sup>18</sup>	0,1 <sup>17</sup>
FK10		F100	760,00 <sup>18</sup>	5,301 <sup>14</sup>	1.403 <sup>14</sup>	0,14 <sup>19</sup>
FK28	Fokker F28 Fellowship	F28	760,00 <sup>18</sup>	4,46 <sup>14</sup>	1.218 <sup>14</sup>	0,14 <sup>19</sup>
G36	Beechcraft Bonanza G36	Beech King Air	70,00 <sup>20</sup>	0,30 <sup>20</sup>	230 <sup>17</sup>	0,06 <sup>20</sup>
GLF5	Gulfstream Aerospace Gulfstream V (G500 / G550)	RJ 100	600,00 <sup>18</sup>	5,58 <sup>18</sup>	1.890 <sup>18</sup>	0,03 <sup>21</sup>

<sup>14</sup> Winther, 2012

<sup>17</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>20</sup> IPCC, 2006

<sup>15</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>18</sup> ICAO, 2011

<sup>21</sup> Norton, 2014

<sup>16</sup> Morten dan Rypdal, 2017

<sup>19</sup> Annex 3.1, 2010

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
GRJ1000		CRJ1000	330,00 <sup>15</sup>	1,78 <sup>16</sup>	785 <sup>17</sup>	0,06 <sup>15</sup>
H25B	BAe, British Aerospace / Raytheon / Hawker Beechcraft BAe 125-800 / Hawker 800	RJ 100	130,90 <sup>16</sup>	0,63 <sup>17</sup>	237,56 <sup>17</sup>	0,012 <sup>16</sup>
H900						
H900XP	hawker 900XP					
J200		2004 Jabiru J200				
KA32	Kamov / Kamov Ka-32		48,676 <sup>16</sup>	0,385 <sup>16</sup>	65,6 <sup>17</sup>	0,003 <sup>17</sup>
KINGAIRB2			67,65 <sup>16</sup>	0,33 <sup>17</sup>	220,88 <sup>17</sup>	0,038 <sup>17</sup>
KT1B	KAI KT-1 Woongbi					
KT16	KT16, Chertsey					
LAIN-LAIN			1000,0 <sup>18</sup> /850,0 <sup>19</sup>	9,23 <sup>20</sup>	3150 <sup>20</sup>	

<sup>15</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>18</sup> Morten dan Rypdal, 2014

<sup>16</sup> Winther, 2012

<sup>19</sup> Morten dan Rypdal, 2016

<sup>17</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>20</sup> Morten dan Rypdal, 2010

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
L410	LET L-410 Turbolet / L-420					
MA60	Xian MA60					
MD80	McDonnell Douglas MD-80	MD 82	1.010,00 <sup>16</sup>	11,97 <sup>16</sup>	3.180 <sup>16</sup>	0,19 <sup>17</sup>
MD82	McDonnell Douglas MD-80	MD 82	1.003,10 <sup>18</sup>	12,30 <sup>18</sup>	3.160 <sup>18</sup>	0,2 <sup>18</sup>
MD83	McDonnell Douglas MD-80	MD 82	1.003,10 <sup>18</sup>	12,30 <sup>18</sup>	3.160 <sup>18</sup>	0,2 <sup>18</sup>
MD88	McDonnell Douglas MD-80	MD 82	1.003,10 <sup>18</sup>	12,30 <sup>18</sup>	3.160 <sup>18</sup>	0,2 <sup>18</sup>
MD90	McDonnell Douglas MD-90	B737 400	870,00 <sup>16</sup>	10,76 <sup>16</sup>	2.760 <sup>16</sup>	0,2 <sup>18</sup>
MI21	Metro/Merlin	S61	48,676 <sup>19</sup>	0,53 <sup>20</sup>	204,28 <sup>20</sup>	0,003 <sup>19</sup>
MI60		S61	48,676 <sup>19</sup>	0,53 <sup>20</sup>	204,28 <sup>20</sup>	0,003 <sup>19</sup>
N212						

<sup>16</sup> ICAO, 2011

<sup>17</sup> Norton, 2014

<sup>18</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>19</sup> Winther, 2012

<sup>20</sup> Klein, *et al.*, 2016

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
N22	GAF, Government Aircraft Factory Nomad	Shorts 360 300	200,00 <sup>17</sup>	0,354 <sup>18</sup>	212 <sup>18</sup>	0,038 <sup>18</sup>
N24	GAF, Government Aircraft Factory Nomad	Shorts 360 301	200,00 <sup>17</sup>	0,354 <sup>18</sup>	212 <sup>18</sup>	0,038 <sup>18</sup>
NC21	Indonesian Aerospace NC-212 commercial aircraft					
NC212	Indonesian Aerospace NC-212 commercial aircraft					
NC22	Indonesian Aerospace NC-212 commercial aircraft					
P180	Piaggio P.180 Avanti	Embraer 110P2A	40,35 <sup>18</sup>	0,239 <sup>18</sup>	126 <sup>18</sup>	0,001 <sup>18</sup>
P838						
R44	Robinson R44	S61	48,676 <sup>18</sup>	0,385 <sup>18</sup>	152 <sup>18</sup>	0,003 <sup>18</sup>
RR79	ST Model DG-1000 EPO					

<sup>17</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>18</sup> Winther, 2012

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
	Brushless Glider RR 79					
S76	Sikorsky Aircraft S-76A (S-76A+ / S-76A++)	S61	48,676 <sup>18</sup>	0,15 <sup>19</sup>	135,45 <sup>19</sup>	0,003 <sup>18</sup>
S76A	Sikorsky Aircraft S-76A (S-76A+ / S-76A++)		48,676 <sup>18</sup>	0,51 <sup>19</sup>	254,47 <sup>19</sup>	0,003 <sup>18</sup>
SA330	Aérospatiale SA 330 Puma	OTHER AEROSPATIALE aircraft	200,00 <sup>20</sup>	0,440 <sup>19</sup>	248,284 <sup>19</sup>	0,03 <sup>20</sup>
SA332	Aérospatiale SA.332 Super Puma	OTHER AEROSPATIALE aircraft	200,00 <sup>20</sup>	0,440 <sup>19</sup>	248,284 <sup>19</sup>	0,03 <sup>20</sup>
SA330J	Aérospatiale SA.332 Super Puma	OTHER AEROSPATIALE aircraft	200,00 <sup>20</sup>	0,440 <sup>19</sup>	248,284 <sup>19</sup>	0,03 <sup>20</sup>
SU95	SUKHOI Superjet 100-95					
T34C	Beech / Beechcraft 45 Mentor (T-34)					

<sup>18</sup> Winther, 2012

<sup>19</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>20</sup> Annex 3.1, 2010



Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
T50	KAI T-50 Golden Eagle					
TB10	Socata TB10 Tobago	AEROSPATIALE	200,00 <sup>19</sup>	0,00796 <sup>21</sup>	46,83 <sup>21</sup>	0,03 <sup>22</sup>
TB700	SOCATA TBM 700 / TBM 850 / TBM 900	AEROSPATIALE	200,00 <sup>19</sup>	0,00796 <sup>21</sup>	46,83 <sup>21</sup>	0,03 <sup>22</sup>
TBM700	SOCATA TBM 700 / TBM 850 / TBM 900	AEROSPATIALE	200,00 <sup>19</sup>	0,00796 <sup>21</sup>	46,83 <sup>21</sup>	0,03 <sup>22</sup>
TC980						
TT50						
UH60	Sikorsky UH-60 Black Hawk	S61				
XL11	LAN Ecuador XL11					
Penerbangan Internasional						
A124	Antonow / Antonov An-124 Ruslan	B747 400	1.333,75 <sup>19</sup>	51,524 <sup>22</sup>	7.309 <sup>22</sup>	0,09 <sup>22</sup>

<sup>19</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>22</sup> Winther, 2012

<sup>20</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>21</sup> Klein, *et al.*, 2016

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
A306	Airbus A300	A310	1.723,10 <sup>20</sup>	25,90 <sup>20</sup>	5.427,9 <sup>20</sup>	0,2 <sup>23</sup>
A310	Airbus A310	A310	1.506,6 <sup>21</sup> /1.530,55 <sup>22</sup>	19,50 <sup>21</sup>	4.745,8 <sup>20</sup> /4.821,2 <sup>21</sup>	0,5 <sup>25</sup>
A313	Airbus A310		1.435,33 <sup>23</sup>	18,93 <sup>27</sup>	2.527 <sup>25</sup>	0,21 <sup>23</sup>
A319	Airbus A319	A320	688,8 <sup>21</sup> /688,81 <sup>22</sup>	7,5 <sup>21</sup> /7,46 <sup>22</sup>	.169,8 <sup>20</sup>	0,2 <sup>25</sup>
A320	Airbus A320	A320	873,3 <sup>21</sup> /816,17 <sup>22</sup>	10,8 <sup>21</sup> /11,28 <sup>22</sup>	2.570,7 <sup>21</sup> /2.570,93 <sup>22</sup>	0,2 <sup>25</sup>
A321	Airbus A321	A320	873,30 <sup>21</sup>	10,80 <sup>21</sup>	2.570,7 <sup>21</sup>	0,2 <sup>25</sup>
A322	Airbus A322	A320	532,087 <sup>24</sup>	9,582 <sup>24</sup>	1.666 <sup>24</sup>	0,21 <sup>23</sup>
A330	Airbus A330	A320	2.231,50 <sup>25</sup>	35,57 <sup>25</sup>	7.029 <sup>25</sup>	0,2 <sup>25</sup>
A332	Airbus A330-200	A330	2.231,5 <sup>21</sup> /2.168,08 <sup>22</sup>	35,6 <sup>21</sup> /35,32 <sup>22</sup>	7029,3 <sup>21</sup> /6.829,44 <sup>20</sup>	0,2 <sup>25</sup>
A333	Airbus A330-300	A330	1.884 <sup>21</sup> /2.168,08 <sup>22</sup>	27,6 <sup>21</sup> /35,32 <sup>22</sup>	5.934,6 <sup>21</sup> /6.829,44 <sup>20</sup>	0,2 <sup>25</sup>
A343	Airbus A340-300	A340	2.019,9 <sup>21</sup> /2.019,89 <sup>22</sup>	34,8 <sup>21</sup> /34,81 <sup>22</sup>	6.362,6 <sup>21</sup> /6.362,65 <sup>22</sup>	1,9 <sup>25</sup>
B732	Boeing 737-200	B737 400	870,00 <sup>26</sup>	6,74 <sup>26</sup>	2.740 <sup>26</sup>	0,1 <sup>25</sup>
B733	Boeing 737-300	B737 400	780,00 <sup>26</sup>	7,19 <sup>26</sup>	2.480 <sup>26</sup>	0,1 <sup>25</sup>

<sup>20</sup> Morten dan Rypdal, 2016

<sup>23</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>26</sup> ICAO, 2011

<sup>21</sup> Morten dan Rypdal, 2014

<sup>24</sup> Winther, 2012

<sup>27</sup> Klein, *et al.*, 2016

<sup>22</sup> Morten dan Rypdal, 2017

<sup>25</sup> Morten dan Rypdal, 2010

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
B734	Boeing 737-400	B737 400	780,00 <sup>21</sup>	7,19 <sup>21</sup>	2.480 <sup>21</sup>	0,1 <sup>21</sup>
B735	Boeing 737-500	B737 400	780,00 <sup>21</sup>	7,19 <sup>21</sup>	2.480 <sup>21</sup>	0,1 <sup>21</sup>
B737	Boeing 737-700	B737 400	779,2 <sup>22</sup> /824,65 <sup>23</sup>	9,12 <sup>22</sup> /10,3 <sup>23</sup>	2.454,5 <sup>22</sup> /2.597,65 <sup>23</sup>	0,1 <sup>21</sup>
B738	Boeing 737-800	B737 400	881,10 <sup>23</sup>	12,3 <sup>22</sup> /13,2 <sup>23</sup>	2.775,5 <sup>22</sup> /2.775,47 <sup>23</sup>	0,07 <sup>26</sup>
B739	Boeing 737-900	B737 400	880,00 <sup>21</sup>	12,30 <sup>21</sup>	2.780 <sup>21</sup>	0,07 <sup>26</sup>
B742	Boeing 747-200	B747 100-300	3.074,6 <sup>22</sup> /3.074,57 <sup>23</sup>	47,5 <sup>22</sup> /47,54 <sup>23</sup>	9.684,9 <sup>22</sup> /9.684,89 <sup>23</sup>	3,7 <sup>25</sup>
B743	Boeing 747-300	B747 100-300	3.430,5 <sup>22</sup> /3.074,57 <sup>23</sup>	57 <sup>22</sup> /47,54 <sup>23</sup>	10.806 <sup>22</sup> /9.684,89 <sup>23</sup>	3,7 <sup>25</sup>
B744	Boeing 747-400	B747 100-300	3.319,7 <sup>22</sup> /3.319,68 <sup>23</sup>	42,88 <sup>21</sup> /44,5 <sup>23</sup>	10.457 <sup>22</sup> /10.456,98 <sup>23</sup>	0,2 <sup>25</sup>
B747	Boeing 747 Passenger	B747 100-300	3.510,00 <sup>24</sup>	19,36 <sup>25</sup>	3.150 <sup>25</sup>	0,27 <sup>24</sup>
B752	Boeing 757-200	B757	1.362,60 <sup>23</sup>	15 <sup>22</sup> /14,98 <sup>23</sup>	4.292,2 <sup>22</sup> /4.292,19 <sup>23</sup>	0,2 <sup>25</sup>
B757	Boeing 757	B757	1.460,00 <sup>24</sup>	17,90 <sup>22</sup>	3.150 <sup>25</sup>	0,01 <sup>24</sup>
B772	Boeing 777-200	B777	2.332,1 <sup>22</sup> /2.406,41 <sup>23</sup>	55,8 <sup>22</sup> /61,24 <sup>23</sup>	7.346,1 <sup>22</sup> /7.580,19 <sup>23</sup>	2,3 <sup>25</sup>
B773	Boeing 777-300	B777	2.408,9 <sup>22</sup> /2.562,84 <sup>23</sup>	63,3 <sup>22</sup> /52,8 <sup>23</sup>	7.588 <sup>22</sup> /8.072,95 <sup>23</sup>	2,3 <sup>25</sup>

<sup>21</sup> ICAO, 2011

<sup>24</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>22</sup> Morten dan Rypdal, 2014

<sup>25</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>23</sup> Morten dan Rypdal, 2017

<sup>26</sup> Norton, 2014

Tipe Pesawat	Nama Pesawat	Pesawat Representatif	Bahan Bakar (kg/LTO)	Faktor Emisi		
				NO <sub>x</sub> (kg/LTO)	CO <sub>2</sub> (kg/LTO)	CH <sub>4</sub> (kg/LTO)
B787	Boeing: 787 Dreamliner					
BE20	Beech / Beechcraft (Super) King Air 200	Beech Super King Air 200B	42,35 <sup>22</sup>	0,33 <sup>22</sup>	242,3 <sup>27</sup>	0,06 <sup>26</sup>
C30J	Lockheed / Lockheed Martin C-130 Hercules / L-100	Lockheed C-130H Hercules	2.310,00 <sup>23</sup>	1,555 <sup>22</sup>	670 <sup>26</sup>	7,4 <sup>23</sup>
FA18	McDonnell Douglas F/A-18 Hornet atau Boeing F/A-18E/F Super Hornet					
HAWK	Hawker Siddeley / BAe / BAE Systems Hawk					
LAIN-LAIN			2.400,0 <sup>24</sup> /2.500,0 <sup>25</sup>	9,23 <sup>23</sup>	3.150 <sup>26</sup>	
LR35	Learjet Learjet 35 / 36	RJ 100	130,90 <sup>22</sup>	1,007 <sup>22</sup>	410 <sup>22</sup>	0,012 <sup>22</sup>

<sup>22</sup> Winther, 2012

<sup>25</sup> Morten dan Rypdal, 2016

<sup>23</sup> Annex 3.1, 2010

<sup>26</sup> Morten dan Rypdal, 2010

<sup>24</sup> Morten dan Rypdal, 2014

<sup>27</sup> Klein, *et al.*, 2016 <sup>26</sup> Norton, 2014

## LAMPIRAN IV

### Data Hasil Perhitungan *On Road* dengan ABC-EIM

Tabel 7 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *On-road* Tahun 2009

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pastian Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
	(kg/ m <sup>3</sup> )			(km/ tahun. Kendaraan)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg / 10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
			(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	5.967.083	0,1	2,61	15.558.512,54	2	31,12	1.179	13.757.614,72	3.180	43.749,21	1,7	23.387,95
Sepeda Motor (Bensin)	750	2.842.043	0,1	2,61	7.410.314,50	0,29	2,15	266	1.478.357,74	3.180	4.701,18	1,24	1.833,16
Taksi (Bensin)	750	1.035.660	0,1	2,61	2.700.369,53	2,80	7,56	1.088	2.203.501,53	3.180	7.007,13	1,7	3.745,95
Bis Damri (Solar)	820	7.063	0,1	2,61	18.416	11,90	0,22	1.304	19.691,86	3.172	62,46	0,23	4,53
Total		9.851.849			25.669.196,57		41,05				55.519,99		28.971,59

Tabel 8 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *On-road* Tahun 2010

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pasti an Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
				(km/ tahun. Kendara-an)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg/10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
	(kg/ m <sup>3</sup> )		(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	6.010.085	0,1	2,61	15.670.635,53	2	31,34	1.179	13.856.759,47	3.180	44.064,50	1,7	23.556,49
Sepeda Motor (Bensin)	750	3.205.429	0,1	2,61	8.357.803,52	0,29	2,42	266	1.667.381,80	3.180	5.302,27	1,24	2.067,55
Taksi (Bensin)	750	1.168.081	0,1	2,61	3.045.642,72	2,80	8,53	1.088	2.485.244,46	3.180	7.903,08	1,7	4.224,92
Bis Damri (Solar)	820	7.966	0,1	2,61	20.770,47	11,90	0,25	1.304	22.209,45	3.172	70,45	0,23	5,11
Total		10.391.561			27.074.081,77		42,54				57.340,29		29.854,07

Tabel 9 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *On-road* Tahun 2011

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pasti an Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
				(km/ tahun. Kendaraan)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg / 10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
	(kg/ m <sup>3</sup> )		(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	6.806.688	0,1	2,61	177476 90.22	2	35.50	1.179	15693395 .08	3.180	49905. 00	1,7	26678 .77
Sepeda Motor (Bensin)	750	3.642.345	0,1	2,61	949701 3.93	0,29	2.75	266	1894654. 28	3.180	6025.0 0	1,24	2349. 37
Taksi (Bensin)	750	1.327.296	0,1	2,61	346077 8.32	2,80	9.69	1.088	2823995. 11	3.180	8980.3 0	1,7	4800. 79
Bis Damri (Solar)	820	9.052	0,1	2,61	23602.0 9	11,90	0.28	1.304	25237.25	3.172	80.05	0,23	5.80
Total		11.785.38 1			307054 82.47		48.22				64990. 35		33834 .74

Tabel 10 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *On-road* Tahun 2012

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pasti an Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
				(km/ tahun. Kendara-an)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg / 10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
	(kg/ m <sup>3</sup> )		(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	8.286.957	0,1	2,61	21.607.328,81	2	43.21	1.179	19.106.280,50	3.180	60.757,97	1,7	32.480,68
Sepeda Motor (Bensin)	750	4.366.055	0,1	2,61	11.384.008,15	0,29	3,30	266	2.271.109,63	3.180	7.222,13	1,24	2.816,18
Taksi (Bensin)	750	1.591.020	0,1	2,61	4.148.409,64	2,80	11.62	1.088	3.385.102,26	3.180	10.764,63	1,7	5.754,67
Bis Damri (Solar)	820	10.850	0,1	2,61	28290.18	11,90	0,34	1.304	30.250,13	3.172	95,95	0,23	6,96
Total		14.254.882,00			37.139.746,60		58.47				78.840,68		41.058,48



Tabel 11 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *On-road* Tahun 2013

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pasti an Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
				(km/ tahun. Kendara-an)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg/10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
	(kg/ m <sup>3</sup> )		(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	8.929.878	0,1	2,61	23.283.674,60	2	46,57	1.179	20.588.589,26	3.180	65.471,71	1,7	35.000,60
Sepeda Motor (Bensin)	750	4.760.719	0,1	2,61	12.413.051,11	0,29	3,60	266	2.476.403,70	3.180	7.874,96	1,24	3.070,74
Taksi (Bensin)	750	1.734.839	0,1	2,61	4.523.401,86	2,80	12,67	1.088	3.691.095,92	3.180	11.737,69	1,7	6.274,86
Bis Damri (Solar)	820	11.831	0,1	2,61	30.848,03	11,90	0,37	1.304	32.985,18	3.172	104,63	0,23	7,59
Total		15.437.267			40.220.127,57		63,20				85.188,99		44.353,79

Tabel 12 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *On-road* Tahun 2014

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pasti an Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
				(km/ tahun. Kendaraan)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg/10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
	(kg/ m <sup>3</sup> )		(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	8.794.593	0,1	2,61	22.930.933,84	2	45,86	1.179	20.276.678,25	3.180	64.479,84	1,7	34.470,35
Sepeda Motor (Bensin)	750	4.681.064	0,1	2,61	12.205.359,46	0,29	3,54	266	2.434.969,21	3.180	7.743,20	1,24	3.019,36
Taksi (Bensin)	750	1.705.812	0,1	2,61	4.447.717,15	2,80	12,45	1.088	3.629.337,19	3.180	11.541,29	1,7	6.169,87
Bis Damri (Solar)	820	11.632	0,1	2,61	30.329,16	11,90	0,36	1.304	32.430,36	3.172	102,87	0,23	7,46
Total		15.193.101,00			39.584.010,46		62,22				83.867,20		43.667,05

Tabel 13 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *On-road* Tahun 2015

Kelas Kendaraan	Berat Jenis Bahan Bakar (Sg)	A		B	C	D	E	T	U	AB	AC	AD	AE
		Total Sirkulasi Jumlah Kendaraan	Ketid ak-pasti an Data	Total Jarak Perjalan an	Total Jarak Tempuh	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Tipikal Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
				(km/ tahun. Kendara-an)			$E = C \times D / 1000000$		$U = C \times T \times Sg/10^6$		$AC = U \times AB / 1000$		$AE = U \times AD / 1000$
	(kg/ m <sup>3</sup> )		(%)	Low	(km/ tahun)	(g/ kg)	Low	(liter/km)	(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Mobil Pribadi (Bensin)	750	8.654.487	0,1	2,61	22.565.622,86	2	45,13	1.179	19.953.652,01	3.180	63.452,61	1,7	33.921,21
Sepeda Motor (Bensin)	750	4.599.220	0,1	2,61	11.991.960,24	0,29	3,48	266	2.392.396,07	3.180	7.607,82	1,24	2.966,57
Taksi (Bensin)	750	1.675.987	0,1	2,61	4.369.951,74	2,80	12,24	1.088	3.565.880,62	3.180	11.339,50	1,7	6.062,00
Bis Damri (Solar)	820	11.430	0,1	2,61	29.802,47	11,90	0,35	1.304	31.867,18	3.172	101,08	0,23	7,33
Total		14.941.124,00			38.927.534,84		61,20				82.501,02		42.957,11

**LAMPIRAN V**  
**Data Hasil Perhitungan *Off Road* dengan ABC-EIM**

Tabel 14 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2006

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L) / 1000)$		$AQ = ((A \times AE) / 1000)$		$AJ = ((A \times AH) / 1000)$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A319-100	531	0,1	688,8	7,5	3,98	2.169,8	1.151,01	0,2	0,11
A322	11	0,1	532,09	9,58	0,11	1.666	18,31	0,21	0,00
AL11	18	0,1			0,00		0,00		0,00
AS220	58	0,1			0,00		0,00		0,00
ATR42	60	0,1	200	1,99	0,66	635,8	211,51	0,03	0,01
B206	333	0,1	48,68	0,06	0,1	63,55	5,97	0,003	0,00
B412/HELI	94	0,1	48,68	0,43	0,52	247	297,83	0,003	0,00
B732	1.207	0,1	870	6,74	158,82	2.740	64.566,49	0,1	2,36

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B733	13.788	0,1	780	7,19	99,04	2.480	34.160,05	0,1	1,38
B734	13.314	0,1	780	7,19	95,63	2.480	32.985,70	0,1	1,33
B735	251	0,1	780	7,19	1,80	2.480	621,86	0,1	0,03
B738	779	0,1	881,1	12,3	9,57	2.775,5	2.159,95	0,07	0,05
BELL206	38	0,1	48,68	0,06	0,00	63,55	2,41	0,003	0,00
BELL412	29	0,1	48,68	0,43	0,01	247	7,16	0,003	0,00
BELL412EP	172	0,1	48,68	0,43	0,07	247	42,44	0,003	0,00
BK117	286	0,1	48,68	0,17	0,05	143,01	40,86	0,003	0,00
BN2A	510	0,1	67,65	0,015	0,01	72,71	37,05	0,038	0,02
BO105/HELI	563	0,1	48,68	0,12	0,07	127,1	71,49	0,003	0,00
C-212AB4	2.201	0,1	67,65	0,35	0,78	212	466,15	0,038	0,08
C-212CC4	880	0,1	67,65	0,35	0,31	212	186,37	0,038	0,03

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
C130	185	0,1	48,68	0,39	0,07	152	28,09	0,003	0,00
C650	16	0,1	130,9	0,63	0,01	237,56	3,80	0,012	0,00
CESSNA	13	0,1	130,9	1,007	0,01	410	5,32	0,33	0,00
EC120B	222	0,1	48,68	0,066	0,01	65,6	14,55	0,003	0,00
EC135	26	0,1	48,68	0,14	0,00	134,2	3,49	0,003	0,00
F100	200	0,1	760	5,75	1,15	2.390	477,52	0,1	0,02
F27	69	0,1	95,75	0,3	0,02	217,15	14,97	0,14	0,01
F28	497	0,1	760	5,75	2,85	2.390	1.186,64	3,3	1,64
J200	15	0,1			0,00		0,00		0,00
KT1B	237	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	795	0,1	1.000	9,23	7,33	3.150	2.501,75		0,00
MD80	31	0,1	1.010	11,97	0,37	3.180	98,48	0,19	2,89

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
MD82	14.489	0,1	1.003,1	12,3	178,04	3.160	45.739,45	0,2	2,89
MD83	408	0,1	1.003,1	12,3	5,01	3.160	1.287,99	0,2	0,08
MD88	11.168	0,1	1.003,1	12,3	14,35	3.160	3.687,19	0,2	0,23
MD90	1.669	0,1	870	10,76	17,94	2.760	4.601,83	0,2	0,33
MI21	81	0,1	48,68	0,53	0,04	204,28	16,53	0,003	0,00
N22	714	0,1	200	0,35	0,25	212	151,22	0,038	0,03
N24	642	0,1	200	0,35	0,23	212	135,97	0,038	0,02
P838	14	0,1			0,00		0,00		0,00
R44	38	0,1	48,68	0,39	0,01	152	5,77	0,003	0,00
S76A	91	0,1	48,68	0,51	0,05	254,47	23,13	0,003	0,00
SA330	1.311	0,1	200	0,44	0,58	248,28	325,17	0,03	0,04
SA332	35	0,1	200	0,44	0,02	248,28	8,68	0,03	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
	(%)		(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
T34C	441	0,1	70	0,3	0,13	230	101,33	0,06	0,03
TB10	578	0,1	200	0,0079	0,00	46,83	27,04	0,03	0,02
TBM700	18	0,1	200	0,0079	0,00	46,83	0,84	0,03	0,00
Sub Total 1	82.656	4,70	15.384,58		599,93		197.479,35		10,77
Penerbangan Internasional									
A319-100	681	0,1	688,8	7,5	5,10	2.169,8	1.476,16	0,2	0,14
A322	2.870	0,1	532,087	9,58	27,47	1.666	4.776,64	0,21	0,60
A332	207	0,1	2.231,5	35,6	7,36	7.029,3	1.453,61	0,2	0,04
A333	317	0,1	1.884	27,6	8,74	5.934,6	1.879,39	0,2	0,06
B732	969	0,1	870	6,74	6,52	2.740	2.652,40	0,1	0,10
B733	953	0,1	780	7,19	6,85	2.480	2.361,08	0,1	0,10
B734	1.752	0,1	780	7,19	12,58	2.480	4.340,62	0,1	0,18



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
B738	53	0,1	881,1	12,3	3,50	2.775,5	146,95	0,07	0,00
B742	10	0,1	3.074,6	6,74	4,01	9.684,9	96,75	3,7	0,04
B743	357	0,1	3.430,5	57	19,76	10.806	3.853,88	3,7	1,32
B752	12	0,1	1.362,6	44,5	3,29	4.292,2	51,45	0,2	0,00
B773	43	0,1	2.408,9	63,3	3,60	7.588	325,96	2,3	0,10
BE20	25	0,1	42,35	0,33	0,01	242,3	6,05	0,06	0,00
FA18	39	0,1		63,3	3,60		0,00		0,00
HAWK	11	0,1		0,33	0,01		0,00		0,00
LAIN-LAIN	254	0,1	2.400	9,32	3,22	3.150	799,30		0,00
Sub Total 2	8.553,00	1,60	21.366,44		105,07		24.220,24		2,67
Total	91.209,00	6,30	36.751,01		701,27		21.699,60		13,44

Tabel 15 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2007

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A306	455	0,1	1.723,1	25,9	11,7	5.427,9	2.467,22	0,2	0,09
A319-100	1.891	0,1	688,8	7,5	14,17	2.169,8	4.098,99	0,2	0,38
A320	752	0,1	873,3	10,8	8,11	2.570,7	1.931,23	0,2	0,15
AS220	58	0,1	200		0,00		0,00	0,03	0,00
B412-HELI	1.421	0,1	48,68	0,43	0,61	247	350,64	0,003	0,00
B732	19.221	0,1	870	6,74	129,42	2.740	52.612,87	0,1	1,92
B733	11.720	0,1	780	7,19	84,18	2.480	29.036,53	0,1	1,17
B734	16.841	0,1	780	7,19	120,97	2.480	41.723,91	0,1	1,68
B735	765	0,1	780	7,19	5,49	2.480	1.895,30	0,1	0,08
B738	285	0,1	881,1	12,3	3,50	2.775,5	790,23	0,07	0,02

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B739	219	0,1	880	12,3	2,69	2.780	608,21	0,07	0,02
BELL206	12	0,1	48,68	0,06	0,00	63,55	0,76	0,003	0,00
BELL412	553	0,1	48,68	0,43	0,24	247	136,45	0,003	0,00
BK117	157	0,1	48,68	0,17	0,03	143,01	22,43	0,003	0,00
BN2A	177	0,1	67,65	0,015	0,00	72,71	12,86	0,038	0,01
BO105/HELI	423	0,1	48,68	0,12	0,05	127,1	53,71	0,003	0,00
C-212CC4	569	0,1	67,65	0,35	0,20	212	120,51	0,038	0,02
C130	196	0,1	48,68	0,39	0,08	152	29,76	0,003	0,00
C212	1.739	0,1	67,65	0,35	0,61	212	368,30	0,038	0,07
C235	11	0,1	67,65	0,35	0,00	212	2,33	0,038	0,00
C280	13	0,1	24,25	0,14	0,00	76	0,99	0,001	0,00
C56X	24	0,1	130,9	1,007	0,02	410	9,83	0,33	0,01

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
CESSNA	32	0,1	130,9	1,007	0,03	410	13,11	0,33	0,01
EA33	15	0,1	2.231,5	35,57	0,53	7.029	105,33	0,2	0,00
EC120B	48	0,1	48,68	0,066	0,00	65,6	3,15	0,003	0,00
EC135	204	0,1	48,68	0,14	0,03	134,2	27,35	0,003	0,00
F100	775	0,1	760	5,75	4,45	2.390	1.850,40	0,1	0,08
F27	49	0,1	95,75	0,3	0,01	217,15	10,63	0,14	0,01
F28	945	0,1	760	5,75	5,43	2.390	2.256,29	3,3	3,12
KING AIRB2	10	0,1	67,65	0,33	0,00	220,88	2,21	0,038	0,00
KT1B	136	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	778	0,1	1.000	9,23	7,71	3.150	2.448,25		0,00
MD82	14.940	0,1	1.003,1	12,3	183,58	3.160	47.163,53	0,2	2,99

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
	(%)	(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
MD90	1.040	0,1	870	10,76	11,18	2.760	2.867,53	0,2	0,21
MI21	10	0,1	48,68	0,53	0,01	204,28	2,04	0,003	0,00
N22	611	0,1	200	0,35	0,22	212	129,40	0,038	0,02
N24	880	0,1	200	0,35	0,31	212	186,37	0,038	0,03
NC212	13	0,1			0,00		0,00		0,00
S76A	37	0,1	48,68	0,51	0,02	254,47	9,41	0,003	0,00
SA330	255	0,1	200	0,44	0,11	248,28	63,25	0,03	0,01
SA332	12	0,1	200	0,44	0,01	248,28	2,98	0,03	0,00
T34C	442	0,1	70	0,3	0,13	230	101,56	0,06	0,03
TB10	740	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	34,62	0,03	0,02
TC980	11	0,1			0,00		0,00		0,00
Sub Total 1	79.486	4,40	17.357,71		595,40		193.550,13		12,14

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
A306	253	0,1	1.723,1	25,9	6,55	5.427,9	1.371,89	0,2	0,05
A319-100	612	0,1	688,8	7,5	4,59	2.169,8	1.326,59	0,2	0,12
A320	1.933	0,1	873,3	10,8	20,86	2.570,7	4.964,19	0,2	0,39
A322	883	0,1	532,087	9,58	8,45	1.666	1.469,61	0,21	0,19
A332	186	0,1	2.231,5	35,6	6,61	7.029,3	1.306,14	0,2	0,04
A333	300	0,1	1.884	27,6	8,27	5.934,6	1.778,60	0,2	0,06
B732	929	0,1	870	6,74	6,26	2.740	2.542,91	0,1	0,09
B733	1.105	0,1	780	7,19	7,94	2.480	2.373,66	0,1	0,11
B734	1.323	0,1	780	7,19	9,50	2.480	3.277,76	0,1	0,13
B743	356	0,1	3.430,5	57	20,27	10.806	3.843,09	3,7	1,32
B773	57	0,1	2.408,9	63,3	3,60	7.588	432,08	2,3	0,13
BE20	30	0,1	42,35	0,33	0,01	242,3	7,26	0,06	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
LAIN-LAIN	234	0,1	2.400	9,23	2,16	3.150	736,36		0,00
Sub Total 2	8.201,00	1,30	18.644,54		105,07		25.794,15		2,63
Total	87.687,00	5,70	36.002,25		700,46		219.344,27		14,76

Tabel 16 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2008

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A306	377	0,1	1.723,1	25,9	9,75	5.427,9	2.044,27	0,2	0,08
A319	1.468	0,1	688,8	7,5	11,00	2.169,8	3.182,08	0,2	0,29
A320	4.918	0,1	873,3	10,8	53,06	2.570,7	12.630,06	0,2	0,98
A330	10	0,1	2.231,5	35,57	0,36	7.029	70,22	0,2	0,00
AS220	66	0,1			0,00		0,00	0,03	0,00
B105	12	0,1	48,68	0,12	0,00	127,1	1,52	0,003	0,00
B200	14	0,1	67,65	0,33	0,00	220,88	3,09	0,038	0,00
B412	1.947	0,1	48,68	0,43	0,84	247	480,43	0,003	0,01
B412EP	392	0,1	48,68	0,43	0,17	247	96,73	0,003	0,00
B427	76	0,1	48,68	0,39	0,03	152	11,54	0,003	0,00
B732	15.923	0,1	870	6,74	107,21	2.740	43.585,18	0,1	1,59



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B733	10.379	0,1	780	7,19	74,55	2.480	25.714,18	0,1	1,04
B734	15.095	0,1	780	7,19	108,42	2.480	37.398,16	0,1	1,51
B735	1.028	0,1	780	7,19	7,38	2.480	2.546,89	0,1	0,10
B737	401	0,1	779,2	9,12	3,65	2.454,5	983,27	0,1	0,04
B738	519	0,1	881,1	12,3	6,38	2.775,5	1.439,04	0,07	0,04
B739	1.252	0,1	880	12,3	15,38	2.780	3.477,08	0,07	0,09
BK117	179	0,1	48,68	0,17	0,03	143,01	25,57	0,003	0,00
BN2A	444	0,1	67,65	0,015	0,01	72,71	32,25	0,038	0,02
BO105	840	0,1	48,68	0,12	0,10	127,1	106,66	0,003	0,00
C130	162	0,1	48,68	0,39	0,06	152	24,60	0,003	0,00
C212	2.620	0,1	67,65	0,35	0,93	212	554,88	0,038	0,10
C56X	32	0,1	130,9	1,007	0,03	410	13,11	0,33	0,01

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
CN235	20	0,1	95,75	0,14	0,02	300	5,99	0,14	0,00
EC120B	29	0,1	48,68	0,066	0,00	65,6	1,90	0,003	0,00
EC135	143	0,1	48,68	0,14	0,02	134,2	19,17	0,003	0,00
F100	41	0,1	760	5,75	0,24	2.390	97,89	0,1	0,00
F27	10	0,1	95,75	0,3	0,00	217,15	2,17	0,14	0,00
F28	80	0,1	760	5,75	0,46	2.390	191,01	3,3	0,26
FK10	675	0,1	760	5,30	3,57	1.403	946,08	0,14	0,09
FK28	348	0,1	760	4,46	1,55	1.218	423,44	0,14	0,05
KT1B	133	0,1			0,00		0,00		0,00
L410	258	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	953	0,1	1.000	9,23	8,79	3.150	2.998,95		0,00
MD80	1.432	0,1	1.010	11,97	17,12	3.180	4.549,21	0,19	0,27

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
MD82	13.161	0,1	1.003,1	12,3	161,72	3.160	41.547,17	0,2	2,63
MD83	139	0,1	1.003,1	12,3	1,71	3.160	438,80	0,2	0,03
MD90	1.255	0,1	870	10,76	13,49	2.760	3.460,34	0,2	0,25
MI21	12	0,1	48,68	0,53	0,01	204,28	2,45	0,003	0,00
N22	622	0,1	200	0,35	0,22	212	131,73	0,038	0,02
N24	411	0,1	200	0,35	0,15	212	87,04	0,038	0,02
NC212	62	0,1			0,00		0,00		0,00
NC22	495	0,1			0,00		0,00		0,00
S76	59	0,1	48,68	0,51	0,03	254,47	15,00	0,003	0,00
SA330	103	0,1	200	0,44	0,05	248,28	25,55	0,03	0,00
SA330J	28	0,1	200	0,44	0,01	248,28	6,95	0,03	0,00
T34C	353	0,1	70	0,3	0,11	230	81,11	0,06	0,02

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
TB10	1.584	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	74,10	0,03	0,05
TBM700	26	0,1	200	0,0079	0,00	46,83	1,22	0,03	0,00
TC980	10	0,1			0,00		0,00		0,00
Sub Total 1	80.596	5,00	21.523,99		608,63		189.528,30		9,60
Penerbangan Internasional									
A306	86	0,1	1.723,1	25,9	2,23	5.427,9	466,33	0,2	0,02
A313	13	0,1	1.435,33	18,93	0,25	2.527	32,82	0,21	0,00
A319	508	0,1	688,8	7,5	3,81	2.169,8	1.101,16	0,2	0,10
A320	2.953	0,1	873,3	10,8	31,86	2.570,7	7.583,69	0,2	0,59
A322	740	0,1	532,087	9,58	7,08	1.666	1.231,61	0,21	0,16
A330	49	0,1	2.231,5	35,57	1,74	7.029	344,08	0,2	0,01
A332	190	0,1	2.231,5	35,6	6,76	7.029,3	1.334,23	0,2	0,04

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
A333	332	0,1	1.884	27,6	9,15	5.934,6	1.968,32	0,2	0,07
B732	595	0,1	870	6,74	4,01	2.740	1.628,67	0,1	0,06
B733	2.050	0,1	780	7,19	14,72	2.480	5.078,92	0,1	0,20
B734	895	0,1	780	7,19	6,17	2.480	2.128,19	0,1	0,09
B735	32	0,1	780	7,19	0,23	2.480	79,28	0,1	0,00
B737	12	0,1	779,2	9,12	0,11	2.454,5	29,42	0,1	0,00
B743	347	0,1	3.430,5	57	19,76	10.806	3.745,93	3,7	1,28
B744	74	0,1	3.319,7	44,5	3,29	10.457	773,04	0,2	0,01
B757	10	0,1	1.460	17,9	0,18	3.150	31,47	0,01	0,00
B737	66	0,1	779,2	9,12	0,60	2.454,5	161,84	0,1	0,01
LAIN-LAIN	346	0,1	2.400	9,32	3,22	3.150	1.088,81		0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
Sub Total 2	9.262,00	1,80	26. 789,22		115,16		28.807,80		2,64
Total	89.858,00	6,80	48.502,20		723,80		218.336,09		12,24

Tabel 17 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2009

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A306	122	0,1	1.723,1	25,9	3,16	5.427,9	661,54	0,2	0,02
A319	1.188	0,1	688,8	7,5	14,15	2.169,8	4.092,49	0,2	0,38
A320	5.430	0,1	873,3	10,8	58,59	2.570,7	13.944,94	0,2	1,08
A322	732	0,1	532,09	9,58	7,01	1.666	1,218,29	0,21	0,15
A330	53	0,1	2.231,5	35,57	1,88	7.029	372,16	0,2	0,01
A332	10	0,1	2.231,5	35,6	0,36	7.029,3	70,22	0,2	0,00
A333	31	0,1	1.884	27,6	0,85	5.934,6	183,79	0,2	0,01
AN22	322	0,1	214	1,55	0,50	670	215,52	0,05	0,02
AN24	89	0,1	95,75	1,043	0,09	300	26,67	0,14	0,01
AS220	59	0,1			0,00		0,00	0,03	0,00
B190	12	0,1	47,45	0,38	0,00	272,55	3,27	0,036	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B402	138	0,1	24,25	0,14	0,02	76	10,48	0,001	0,00
B407	11	0,1	48,68	0,1	0,00	80,6	0,89	0,003	0,00
B412	1.345	0,1	48,68	0,43	0,58	247	331,88	0,003	0,00
B412EP	599	0,1	48,68	0,43	0,26	247	147,81	0,003	0,00
B427	48	0,1	48,68	0,39	0,02	152	7,29		0,00
B732	14.182	0,1	870	6,74	95,49	2.740	38.819,82	0,1	1,42
B733	13.487	0,1	780	7,19	96,87	2.480	33.414,31	0,1	1,35
B734	15.427	0,1	780	7,19	110,81	2.480	38.220,70	0,1	1,54
B735	2.736	0,1	780	7,19	19,65	2.480	6.778,49	0,1	0,27
B737	592	0,1	779,2	9,12	5,39	2.454,5	1.451,61	0,1	0,06
B738	2.425	0,1	881,1	12,3	29,80	2.775,5	6.723,86	0,07	0,17
B739	7.430	0,1	880	12,3	91,30	2.780	20.634,74	0,07	0,52



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B900X	10	0,1			0,00		0,00		0,00
BK117	185	0,1	48,68	0,17	0,03	143,01	26,43	0,003	0,00
BN2A	372	0,1	67,65	0,015	0,01	72,71	27,02	0,038	0,01
BO105	283	0,1	48,68	0,12	0,03	127,1	35,93	0,003	0,00
C130	48	0,1	48,68	0,39	0,02	152	7,29	0,003	0,00
C172	26	0,1	1.394,93	0,019	0,00	15,05	0,39	0,44	0,01
C212	1.473	0,1	67,65	0,35	0,52	212	311,96	0,038	0,06
E135BJ	11	0,1	310	2,45	0,03	759,88	8,35	0,012	0,00
E480	11	0,1	310	0,06	0,00	64,96	0,71	0,06	0,00
EC120B	12	0,1	48,68	0,066	0,00	65,6	0,79	0,003	0,00
EC135	152	0,1	48,68	0,14	0,02	134,2	20,38	0,003	0,00
EC35	105	0,1	48,68	0,14	0,01	134,2	14,08	0,003	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
F100	20	0,1	760	5,75	0,11	2.390	47,75	0,1	0,00
FK10	615	0,1	760	5,30	3,26	1.403	861,98	0,14	0,09
KT16	14	0,1			0,00		0,00		0,00
KT1B	97	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	929	0,1	1.000	9,23	8,57	3.150	2.923,42		0,00
MD80	1.605	0,1	1.010	11,97	19,19	3.180	5.098,80	0,19	0,30
MD82	7.106	0,1	1.003,1	12,3	87,32	3.160	22.432,51	0,2	1,42
MD90	2.305	0,1	870	12,3	28,32	2.760	6.355,44	0,2	0,46
MI21	36	0,1	48,68	0,53	0,02	204,28	7,35	0,003	0,00
NC212	348	0,1			0,00		0,00		0,00
SA332	30	0,1	200	0,44	0,01	248,28	7,44	0,03	0,00
T34C	386	0,1	70	0,3	0,12	230	88,69	0,06	0,02

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
TB10	1.312	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	64,00	0,03	0,04
Sub Total 1	84.659	4,80	24.854,80		684,38		205.671,50		9,44
Penerbangan Internasional									
A124	12	0,1	1.333,75	51,52	0,62	7.309	87,62	0,09	0,00
A319	559	0,1	688,8	7,5	4,19	2.169,8	1.211,71	0,2	0,11
A320	3.452	0,1	873,3	10,8	38,22	2.570,7	9.096,31	0,2	0,71
A322	815	0,1	532,087	9,58	7,80	1.666	1.356,43	0,21	0,17
A330	36	0,1	2.231,5	35,57	1,28	7.029	252,79	0,2	0,01
A332	184	0,1	2.231,5	35,6	6,54	7.029,3	1.292,10	0,2	0,04
A333	692	0,1	1.884	27,6	19,08	5.934,6	4.102,64	0,2	0,14
A343	90	0,1	2.019,9	34,8	3,13	6.362,6	572,06	1,9	0,17
B732	238	0,1	870	6,74	1,60	2.740	651,47	0,1	0,02

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
B734	792	0,1	780	7,19	5,69	2.480	1.962,20	0,1	0,08
B738	262	0,1	881,1	12,3	3,22	2.775,5	726,45	0,07	0,02
B743	183	0,1	3.430,5	57	10,42	10.806	1.975,52	3,7	0,68
B744	91	0,1	3.319,7	42,88	3,90	10.457	950,64	0,2	0,02
B747	135	0,1	3.510	19,36	2,61	3.150	424,82	0,27	0,04
B772	44	0,1	2.332,1	55,8	2,45	7.346,1	322,91	2,3	0,10
B773	47	0,1	2.408,9	63,3	2,97	7.588	356,28	2,3	0,11
BE20	10	0,1	42,35	0,33	0,00	242,3	2,42	0,06	0,00
LAIN-LAIN	369	0,1	2.400	9,23	3,40	3.150	1.161,19		0,00
Sub Total 2	9.872,00	1,90	32.549,49		129,85		30.893,24		2,58
Total	94.531,00	6,70	57.404,29		814,23		236.564,73		12,03

Tabel 18 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2010

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A306	16	0,1	1.723,1	25,9	0,41	5.427,9	86,76	0,2	0,00
A319	3.244	0,1	688,8	7,5	24,31	2.169,8	7.031,79	0,2	0,65
A320	4.128	0,1	873,3	10,8	44,54	2.570,7	10.601,24	0,2	0,82
A322	545	0,1	532,09	9,58	5,22	1.666	907,06	0,21	0,11
AS220	43	0,1			0,00		0,00	0,03	0,00
ATR72	2.080	0,1	200	1,99	4,14	635,8	1.321,14	0,03	0,06
B190	10	0,1	47,45	0,38	0,00	272,55	2,72	0,036	0,00
B412	1.454	0,1	48,68	0,43	0,62	247	358,78	0,003	0,00
B412EP	372	0,1	48,68	0,43	0,16	247	91,79	0,003	0,00
B427	137	0,1	48,68	0,39	0,05	152	20,80	0,003	0,00
B732	14.155	0,1	870	6,74	95,31	2.740	38.745,92	0,1	1,41

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B733	11.123	0,1	780	7,19	79,89	2.480	27.557,45	0,1	1,11
B734	15.503	0,1	780	7,19	111,36	2.480	38.408,99	0,1	1,55
B735	1.719	0,1	780	7,19	12,35	2.480	4.258,86	0,1	0,17
B737	2.730	0,1	779,2	9,12	24,87	2.454,5	6.694,08	0,1	0,27
B738	6.211	0,1	881,1	12,3	76,32	2.775,5	17.221,39	0,07	0,43
B739	16.120	0,1	880	12,3	198,08	2.780	44.768,79	0,07	1,13
B744	15	0,1	3.319,7	42,88	0,64	10.457	156,70	0,2	0,00
BK117	109	0,1	48,68	0,17	0,02	143,01	15,57	0,003	0,00
BN2A	153	0,1	67,65	0,015	0,00	72,71	11,11	0,038	0,01
BO105	292	0,1	48,68	0,12	0,04	127,1	37,08	0,003	0,00
C130	94	0,1	48,68	0,39	0,04	152	14,27	0,003	0,00
C172	13	0,1	1.394,93	0,019	0,00	15,05	0,20	0,44	0,01

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
C212	1.358	0,1	67,65	0,35	0,48	212	287,61	0,038	0,05
EC135	144	0,1	48,68	0,14	0,02	134,2	19,31	0,003	0,00
F27	24	0,1	95,75	0,3	0,01	217,15	5,21	0,14	0,00
FK10	332	0,1	760	5,30	1,76	1.403	465,33	0,14	0,05
FK28	37	0,1	760	4,46	0,16	1.218	45,02	0,14	0,01
KT1B	61	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	937	0,1		9,23	8,64	3.150	2.948,60		0,00
MD80	2.163	0,1	1.010	11,97	25,87	3.180	6.871,46	0,19	0,41
MD82	2.432	0,1	1.003,1	12,3	29,88	3.160	7.677,43	0,2	0,49
MD90	1.219	0,1	870	10,76	13,10	2.760	3.361,08	0,2	0,24
MI21	30	0,1	48,68	0,53	0,02	204,28	6,12	0,003	0,00
N22	84	0,1	200	0,35	0,03	212	17,79	0,038	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
N24	318	0,1	200	0,35	0,11	212	67,35	0,038	0,01
SA332	42	0,1	200	0,44	0,02	248,28	10,42	0,03	0,00
T34C	221	0,1	70	0,3	0,07	230	50,78	0,06	0,01
TB10	1.160	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	54,27	0,03	0,03
TBM700	12	0,1	200	0,0079	0,00	46,83	0,56	0,03	0,00
Sub Total 1	90.840	4,00	20.623,23		758,54		220.200,83		9,07
Penerbangan Internasional									
A319	287	0,1	688,8	7,5	2,15	2.169,8	622,11	0,2	0,06
A320	3.617	0,1	873,3	10,8	39,02	2.570,7	9.288,92	0,2	0,72
A322	1.094	0,1	532,087	9,58	10,47	1.666	1.820,78	0,21	0,23
A330	78	0,1	2.231,5	35,57	2,77	7.029	547,71	0,2	0,02
A332	193	0,1	2.231,5	35,6	6,86	7.029,3	1.355,30	0,2	0,04



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
A333	828	0,1	1.884	27,6	22,83	5.934,6	4.908,93	0,2	0,17
A343	94	0,1	2.019,9	34,8	3,27	6.362,6	597,49	1,9	0,18
B732	337	0,1	870	6,74	2,27	2.740	922,46	0,1	0,03
B733	746	0,1	780	7,19	5,36	2.480	1.848,23	0,1	0,07
B734	815	0,1	780	7,19	5,85	2.480	2.019,18	0,1	0,08
B738	89	0,1	881,1	12,3	1,09	2.775,5	246,77	0,07	0,01
B743	14	0,1	3.430,5	57	0,80	10.806	151,13	3,7	0,05
B744	362	0,1	3.319,7	42,88	15,51	10.457	3.781,65	0,2	0,07
B747	18	0,1	3.510	19,36	0,35	3.150	56,64	0,27	0,00
B772	69	0,1	2.332,1	55,8	3,85	7.346,1	506,37	2,3	0,16
B773	63	0,1	2.408,9	63,3	3,98	7.588	477,57	2,3	0,14
C30J	10	0,1	2.310	1,55	0,02	670	6,69	7,4	0,07

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
LAIN-LAIN	374	0,1	2.400	9,23	3,45	3.150	1.176,92		0,00
Sub Total 2	9.088,00	1,80	33.483,39		129,90		30.334,87		2,11
Total	99.928,00	5,80	54.106,61		888,44		250.535,70		11,18

Tabel 19 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2011

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A124	62	0,1	1.333,75	51,52	3,19	7.309	452,70	0,09	0,01
A319	1.827	0,1	688,8	7,5	13,69	2.169,8	3.960,26	0,2	0,37
A320	848	0,1	873,3	10,8	9,15	2.570,7	2.177,77	0,2	0,17
A322	156	0,1	532,087	9,58	1,49	1.666	259,64	0,21	0,03
A330	14	0,1	2.231,5	35,57	0,50	7.029	98,31	0,2	0,00
A332	14	0,1	2.231,5	35,6	0,50	7.029,3	98,31	0,2	0,00
AT72	351	0,1	200	1,99	0,70	635,8	222,94	0,03	0,01
ATR42	660	0,1	200	1,99	1,31	635,8	419,21	0,03	0,02
ATR72	12.010	0,1	200	1,99	23,88	635,8	7.628,32	0,03	0,36
B0105	12	0,1	48,68	0,12	0,00	127,1	1, 52	0,003	0,00
B105	10	0,1	48,68	0,12	0,00	127,1	1,27	0,003	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B402	52	0,1	24,25	0,14	0,01	76	3,95	0,001	0,00
B407	14	0,1	48,68	0,1	0,00	80,6	1,13	0,003	0,00
B412	1.337	0,1	48,68	0,43	0,57	247	329,91	0,003	0,00
B412EP	108	0,1	48,68	0,43	0,05	247	26,65	0,003	0,00
B427	230	0,1	48,68	0,39	0,09	152	34,93	0,003	0,00
B732	13.928	0,1	870	6,74	93,78	2.740	38.124,56	0,1	1,39
B733	11.925	0,1	780	7,19	85,66	2.480	29.544,43	0,1	1,19
B734	13.099	0,1	780	7,19	94,09	2.480	32.453,03	0,1	1,31
B735	2.167	0,1	780	7,19	15,57	2.480	5.368,79	0,1	0,22
B737	4.128	0,1	779,2	9,12	37,61	2.454,5	10.122,04	0,1	0,41
B738	9.787	0,1	881,1	12,3	120,26	2.775,5	27.136,65	0,07	0,68
B739	23.090	0,1	880	12,3	283,72	2.780	64.126,01	0,07	1,61

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B739	14	0,1	880	12,3	0,17	2.780	38,88	0,07	0,00
B767	10	0,1	1.617	20,2	0,20	3.150	31,47	0,1	0,00
BE20	20	0,1	42,35	0,33	0,01	242,3	4,84	0,06	0,00
BK117	42	0,1	48,68	0,17	0,01	143,01	6,00	0,003	0,00
BN2A	82	0,1	67,65	0,015	0,00	72,71	5,96	0,038	0,02
BO105	796	0,1	48,68	0,12	0,10	127,1	101,07	0,003	0,00
C130	35	0,1	48,68	0,39	0,01	152	5,31	0,003	0,00
C172	29	0,1	1.394,93	0,019	0,00	15,05	0,44	0,44	0,01
C208	95	0,1	24,25	0,17	0,02	100,02	9,49	0,001	0,00
C212	1.129	0,1	67,65	0,35	0,40	212	239,11	0,038	0,04
C56X	10	0,1	130,9	1,007	0,01	410	4,10	0,33	0,00
CL60	12	0,1	330	1,78	0,02	785,01	9,41	0,06	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
EC120B	48	0,1	48,68	0,066	0,00	65,6	3,15	0,003	0,00
EC135	98	0,1	48,68	0,14	0,01	134,2	13,14	0,003	0,00
EC155	14	0,1	48,68	0,19	0,00	151,07	2,11	0,003	0,00
F100	316	0,1	760	5,75	1,82	2.390	5,56	0,1	0,03
F50	337	0,1	760	1,88	0,63	584,6	754,48	0,14	0,05
FK28	760	0,1	760	5,30	4,02	1.403	196,81	0,14	0,11
FK10	77	0,1	760	4,46	0,34	1.218	1.065,21	0,14	0,01
KT1B	11	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	1.205	0,1	1.000	9,23	11,11	3.150	3.791,95		0,00
MA60	460	0,1			0,00		0,00		0,00
MD80	200	0,1	1.010	11,97	2,39	3.180	635,36	0,19	0,04
MD82	1.735	0,1	1.003,1	12,3	21,32	3.160	5.477,67	0,2	0,35

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
MD90	162	0,1	1.003,1	10,76	1,74	2.760	446,67	0,2	0,03
MI60	82	0,1	48,68	0,53	0,04	204,28	16,73	0,003	0,00
N22	305	0,1	200	0,35	0,11	212	64,60	0,038	0,01
N24	600	0,1	200	0,35	0,21	212	127,07	0,038	0,02
NC212	51	0,1			0,00		0,00		0,00
NC22	30	0,1			0,00		0,00		0,00
SA332	23	0,1	200	0,44	0,01	248,28	5,70	0,03	0,00
T34C	32	0,1	70	0,3	0,01	230	7,35	0,06	0,00
TB10	979	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	45,8	0,03	0,03
Sub Total 1	105.628	5,60	27.379,21		830,54		235.795,38		8,54
Penerbangan Internasional									
A124	14	0,1	1.333,75	51,52	0,72	7.309	102,22	0,09	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)			(kg/LTO)		(kg/LTO)		Low
Penerbangan Internasional									
A319	328	0,1	688,8	7,5	2,46	2.169,8	710,98	0,2	0,07
A320	5.023	0,1	873,3	10,8	54,19	2.570,7	12.899,71	0,2	1,00
A322	1.368	0,1	532,087	9,58	13,10	1.666	2.276,81	0,21	0,29
A330	66	0,1	2.231,5	35,57	2,35	7.029	463,45	0,2	0,01
A332	188	0,1	2.231,5	35,6	6,69	7.029,3	1.320,19	0,2	0,04
A333	847	0,1	1.884	27,6	23,35	5.934,6	5.021,58	0,2	0,17
A343	135	0,1	2.019,9	34,8	4,69	6.362,6	858,09	1,9	0,26
B732	112	0,1	870	6,74	0,75	2.740	306,57	0,1	0,01
B733	40	0,1	780	7,19	0,29	2.480	99,10	0,1	0,00
B734	847	0,1	780	7,19	6,08	2.480	2.098,46	0,1	0,08
B737	22	0,1	779,2	9,12	0,20	2.454,5	53,95	0,1	0,00
B738	51	0,1	881,1	12,3	0,63	2.775,5	141,41	0,07	0,00



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
B739	22	0,1	880	12,3	0,27	2.780	6,10	0,07	0,00
B743	184	0,1	3.430,5	57	10,48	10.806	1.986,32	3,7	0,68
B744	185	0,1	3.319,7	42,8	7,91	10.457	1.932,61	0,2	0,04
B772	166	0,1	2.332,1	55,8	9,25	7.346,1	1.218,23	2,3	0,38
B773	75	0,1	2.408,9	63,3	4,74	7.588	568,53	2,3	0,17
LAIN-LAIN	421	0,1	2.400	9,23	3,88	3.150	1.324,82		0,00
Sub Total 2	10.094,00	1,90	30.656,34		152,03		33.444,14		3,21
Total	115.722,00	7,50	58.035,54		982,58		269.239,51		11,75

Tabel 20 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2012

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A124	22	0,1	1.333,75	51,52	1,13	7.309	160,64	0,09	0,00
A306	217	0,1	1.723,1	25,9	5,61	5.427,9	1.176,68	0,2	0,04
A319	2.310	0,1	688,8	7,5	17,31	2.169,8	5.007,23	0,2	0,46
A321	7.586	0,1	873,3	10,8	81,85	2.570,7	19.481,83	0,2	1,52
A320	60	0,1	960	10,8	0,65	2.570,7	154,09	0,2	0,01
A322	834	0,1	532,09	9,58	7,98	1.666	1.388,05	0,21	0,17
A330	22	0,1	2.231,5	35,57	0,78	7.029	154,48	0,2	0,00
A332	10	0,1	2.231,5	35,6	0,36	7.029,3	70,22	0,2	0,00
AS220	13	0,1			0,00		0,00	0,03	0,00
AS365	180	0,1	200	0,51	0,09	139,7	25,12	0,03	0,01
ATR72	16.333	0,1	200	1,99	32,47	635,8	10.374,14	0,03	0,49

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
ATR76	32	0,1	200	1,82	0,06	635,8	20,33	0,03	0,00
B105	39	0,1	48,68	0,12	0,00	127,1	4,95	0,003	0,00
B200	13	0,1	67,65	0,33	0,00	220,88	2,87	0,038	0,00
B412	1.536	0,1	48,68	0,43	0,66	247	379,01	0,003	0,01
B412EP	248	0,1	48,68	0,43	0,11	247	61,19	0,003	0,00
B429	17	0,1	48,68	0,39	0,01	152	2,58	0,003	0,00
B732	12.040	0,1	870	6,74	81,07	2.740	32.956,61	0,1	1,20
B733	16.027	0,1	780	7,19	115,12	2.480	39.707,21	0,1	1,60
B734	13.559	0,1	780	7,19	97,39	2.480	33.592,69	0,1	1,35
B735	3.071	0,1	780	7,19	22,06	2.480	7.608,46	0,1	0,31
B735R	95	0,1	780	7,19	0,68	2.480	235,36	0,1	0,01
B737	100	0,1	779,2	9,12	0,91	2.454,5	245,20	0,1	0,01

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B738	11.805	0,1	881,1	12,3	145,06	2.775,5	32.732,01	0,07	0,83
B739	30.350	0,1	880	12,3	372,93	2.780	84.288,63	0,07	2,12
BE30	23	0,1	47,15	0,33	0,01	242,3	5,57	0,06	0,00
BK117	60	0,1	48,68	0,17	0,01	143,01	8,57	0,003	0,00
BN2A	559	0,1	67,65	0,015	0,01	72,71	40,60	0,038	0,02
BO105	651	0,1	48,68	0,12	0,08	127,1	82,66	0,003	0,00
C130	120	0,1	48,68	0,39	0,05	152	18,22	0,003	0,00
C172	22	0,1	1.394,93	0,019	0,00	15,05	0,33	0,44	0,01
C208	10	0,1	24,25	0,17	0,00	100,02	1,00	0,001	0,00
C212	1.123	0,1	67,65	0,35	0,40	212	237,84	0,038	0,04
CRJX	420	0,1	330	1,78	0,75	785	329,37	0,06	0,03
CRJ1000	54	0,1	330	1,78	0,10	785	42,35	0,06	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
DHC6	10	0,1	200	0,35	0,00	212	2,12	0,38	0,00
EC120B	23	0,1	48,68	0,66	0,00	65,6	1,51	0,003	0,00
EC135	76	0,1	48,68	0,14	0,01	134,2	10,19	0,003	0,00
EC155	22	0,1	48,68	0,19	0,00	151,07	3,32	0,003	0,00
F50	90	0,1	760	1,88	0,17	584,6	52,56	0,14	0,01
FK28	518	0,1	760	4,46	2,31	1.218	630,29	0,14	0,07
H25B	22	0,1	130,9	0,63	0,01	237,56	5,22	0,012	0,00
H900XP	14	0,1			0,00		0,00		0,00
KA32	12	0,1	48,68	0,39	0,00	65,6	0,79	0,003	0,00
KT1B	94	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	1.329	0,1	1.000	9,23	12,25	3.150	4.182,16		0,00
MA60	816	0,1			0,00		0,00		0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
MD80	249	0,1	1.010,1	11,97	2,98	3.180	791,03	0,19	0,05
MD82	1.004	0,1	1.003,1	12,3	12,34	3.160	3.169,47	0,2	0,20
MD90	13	0,1	1.010,1	11,97	0,14	3.160	41,04	0,2	0,00
MI60	14	0,1	48,68	0,53	0,01	2.760	38,60	0,003	0,00
N22	290	0,1	200	0,35	0,10	212	61,42	0,038	0,01
N24	516	0,1	200	0,35	0,18	212	109,28	0,038	0,02
P180	10	0,1	40,35	0,24	0,00	126	1,26	0,001	0,00
SA332	25	0,1	200	0,44	0,01	248,28	6,20	0,03	0,00
TB10	699	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	32,7	0,03	0,02
Sub Total 1	125.407	6,10	25.843,06		1.016,22		279.735,27		10,65
Penerbangan Internasional									
A124	44	0,1	1.333,75	51,52	2,26	7.309	321,27	0,09	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
A306	11	0,1	1.723,1	25,9	0,28	5.427,9	59,65	0,2	0,00
A319	416	0,1	688,8	7,5	3,12	2.169,8	901,73	0,2	0,08
A320	5.880	0,1	873,3	10,8	63,44	2.570,7	15.100,60	0,2	1,17
A322	1.369	0,1	532,087	9,58	13,10	1.666	2.278,47	0,21	0,29
A330	157	0,1	2.231,5	35,57	5,58	7.029	1.102,45	0,2	0,03
A332	180	0,1	2.231,5	35,6	6,40	7.029,3	1.264,01	0,2	0,04
A333	891	0,1	1.884	27,6	24,57	5.934,6	5.282,44	0,2	0,18
A343	54	0,1	2.019,9	34,8	1,88	6.362,6	343,24	1,9	0,10
B733	60	0,1	780	7,19	0,43	2.480	148,65	0,1	0,01
B734	10	0,1	780	7,19	0,07	2.480	24,78	0,1	0,00
B739	731	0,1	880	12,3	8,98	2.780	2.030,15	0,07	0,05
B744	320	0,1	3.319,7	44,45	14,23	10.457	3.342,89	0,2	0,06

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
B772	149	0,1	2.332,1	55,8	8,31	7.346,1	1.093,47	2,3	0,34
B773	102	0,1	2.408,9	63,3	6,45	7.588	773,20	2,3	0,23
LAIN-LAIN	379	0,1	2.400	9,23	3,49	3.150	1.192,66		0,00
LR35	10	0,1	130,9	1,007	0,01	410	4,10	0,012	0,00
Sub Total 2	10.763,00	1,70	26.549,54		162,61		35.263,76		2,60
Total	136.170,00	7,30	53.741,62		1.178,83		314.999,03		13,24



Tabel 21 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2013

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
	(%)	(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
2T34C	12	0,1	70	0,3	0,00	230	2,76	0,06	0,00
A124	10	0,1	1.333,75	51,52	0,51	7.309	73,02	0,09	0,00
A306	11	0,1	1.723,1	25,9	0,28	5.427,9	59,65	0,2	0,00
A319	192	0,1	688,8	7,5	1,44	2.169,8	416,18	0,2	0,04
A320	18.208	0,1	873,3	10,8	196,45	2.570,7	46.760,50	0,2	3,64
A322	1.320	0,1	532,09	9,58	12,64	1.666	2.196,92	0,21	0,28
A330	46	0,1	2.231,5	35,57	1,63	7.029	323,01	0,2	0,01
A332	10	0,1	2.231,5	35,6	0,36	6.829,44	68,23	0,2	0,00
AS220	15	0,1			0,00		0,00	0,03	0,00
AS365	168	0,1	200	0,51	0,09	139,7	23,45	0,03	0,01
ATR72	12.665	0,1	200	1,99	25,18	635,8	8.044,35	0,03	0,38

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
ATR76	1.524	0,1	200	1,82	2,77	635,8	967,99	0,03	0,05
B105	391	0,1	48,68	0,12	0,05	127,1	49,65	0,003	0,00
B190	10	0,1	47,45	0,38	0,00	272,55	2,72	0,036	0,00
B200	23	0,1	67,65	0,33	0,01	220,88	5,08	0,038	0,00
B402	73	0,1	24,25	0,14	0,01	76	5,54	0,001	0,00
B407	10	0,1	48,68	0,1	0,00	80,6	0,81	0,003	0,00
B412	1.794	0,1	48,68	0,43	0,77	247	442,67	0,003	0,01
B412EP	51	0,1	48,68	0,43	0,02	247	12,58	0,003	0,00
B427	10	0,1	48,68	0,39	0,00	152	1,52	0,003	0,00
B732	4.983	0,1	870	6,74	33,55	2.740	13.639,77	0,1	0,50
B733	6.056	0,1	780	7,19	43,50	2.480	15.003,86	0,1	0,60
B734	8.401	0,1	780	7,19	60,34	2.480	20.813,65	0,1	0,84

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B735	5.331	0,1	780	7,19	38,29	2.480	13.207,66	0,1	0,53
B735R	320	0,1	780	7,19	2,30	2.480	792,81	0,1	0,03
B737	983	0,1	779,2	9,12	8,96	2.454,5	2.410,36	0,1	0,10
B738	13.675	0,1	881,1	12,3	168,03	2.775,5	37.917,01	0,07	0,96
B739	36.107	0,1	880	12,3	443,67	2.780	100.277,08	0,07	2,52
BE30	14	0,1	47,15	0,33	0,00	242,3	3,39	0,06	0,00
BK117	162	0,1	48,68	0,17	0,03	143,01	23,14	0,003	0,00
BN2A	28	0,1	67,65	0,015	0,00	72,71	2,03	0,038	0,00
BO105	436	0,1	48,68	0,12	0,05	127,1	55,36	0,003	0,00
C130	230	0,1	48,68	0,39	0,09	152	34,93	0,003	0,00
C172	12	0,1	1.394,93	0,019	0,00	15,05	0,18	0,44	0,01
C212	768	0,1	67,65	0,35	0,27	212	162,65	0,038	0,03

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
CN35	17	0,1	97,95	1,043	0,02	300	5,09	0,14	0,00
CRJ1000	5.745	0,1	330	1,78	10,22	785	4.505,32	0,06	0,34
CRJX	210	0,1	330	1,78	0,37	785	164,69	0,06	0,01
E135	74	0,1	310	2,45	0,18	759,88	56,17	0,012	0,00
EC135	68	0,1	48,68	0,14	0,01	134,2	9,12	0,003	0,00
EC155	14	0,1	48,68	0,19	0,00	151,07	2,11	0,003	0,00
F28	19	0,1	760	5,75	0,11	2.390	45,36	3,3	0,06
GLF5	40	0,1	600	5,58	0,22	1.890	75,52	0,03	0,00
GRJ1000	16	0,1	330	1,78	0,03	785	12,55	0,06	0,00
H900	11	0,1			0,00		0,00		0,00
KA32	26	0,1	48,68	0,39	0,01	65,6	1,70	0,003	0,00
KT1B	93	0,1			0,00		0,00		0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
LAIN-LAIN	1.381	0,1	1.000	9,23	12,73	3.150	4.345,80		0,00
MA60	498	0,1			0,00		0,00		0,00
MD80	214	0,1	1.010,1	11,97	2,56	3.180	679,84	0,19	0,04
MD82	980	0,1	1.003,1	12,3	12,04	3.160	3.093,70	0,2	0,20
MI60	14	0,1	48,68	0,53	0,01	240,28	2,86	0,003	0,00
N22	44	0,1	200	0,35	0,02	212	9,32	0,038	0,00
N24	389	0,1	200	0,35	0,14	212	82,39	0,038	0,01
NC212	55	0,1			0,00		0,00		0,00
P180	12	0,1	40,35	0,24	0,00	126	1,51	0,001	0,00
S76	11	0,1	48,68	0,15	0,00	135,45	1,49	0,003	0,00
SA332	42	0,1	200	0,44	0,02	248,28	10,42	0,03	0,00
SU95	103	0,1			0,00		0,00		0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)			(kg/LTO)		(kg/LTO)		Low
Penerbangan Domestik									
T34C	122	0,1	70	0,3	0,04	230	28,03	0,06	0,01
TB10	1.030	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	48,19	0,03	0,03
Sub Total 1	125.277	6,10	25.843,06		1.080,04		276.981,68		11,25
Penerbangan Internasional									
A310	10	0,1	1.506,6	19,5	0,19	4.745,8	47,41	0,5	0,00
A319	407	0,1	688,8	7,5	3,05	2.169,8	882,23	0,2	0,08
A320	8.191	0,1	873,3	10,8	88,37	2.570,7	21.035,55	0,2	1,64
A322	1.760	0,1	532,087	9,58	16,85	1.666	2.929,23	0,21	0,37
A330	52	0,1	2.231,5	35,57	1,85	7.029	365,14	0,2	0,01
A332	206	0,1	2.231,5	35,6	7,33	7.029,3	1.446,59	0,2	0,04
A333	1.358	0,1	1.884	27,6	37,44	5.934,6	8.051,13	0,2	0,27
B733	20	0,1	780	7,19	0,14	2.480	49,55	0,1	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
B734	60	0,1	780	7,19	0,43	2.480	148,65	0,1	0,01
B738	171	0,1	881,1	12,3	2,10	2.775,5	474,14	0,07	0,01
B739	825	0,1	880	12,3	10,14	2.780	2.291,21	0,07	0,06
B744	257	0,1	3.319,7	42,88	11,01	10.457	2.684,76	0,2	0,05
B772	163	0,1	2.332,1	55,8	9,09	7.346,1	1.196,22	2,3	0,37
B773	45	0,1	2.408,9	63,3	2,85	7.588	341,12	2,3	0,10
LAIN-LAIN	458	0,1	2.400	9,23	4,22	3.150	1.441,26		0,00
Sub Total 2	13.983,00	1,50	23.729,59		195,06		43.384,17		3,02
Total	139.260,00	7,60	49.572,64		1.275,11		320.365,84		14,27

Tabel 22 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2014

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L) / 1000)$		$AQ = ((A \times AE) / 1000)$		$AJ = ((A \times AH) / 1000)$
	(%)	(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A306	27	0,1	1.723,14	25,86	0,70	5.427,89	146,41	0,2	0,01
A320	20.933	0,1	816,17	11,28	235,89	2.570,93	53.763,46	0,2	4,18
A322	400	0,1	532,09	9,58	3,83	1.666	665,73	0,21	0,08
A330	168	0,1	2.231,5	35,57	5,97	7.029	1.179,69	0,2	0,03
A332	261	0,1	2.168,08	35,32	9,21	6.829,44	1.780,70	0,2	0,05
A333	607	0,1	2.168,08	35,32	21,42	6.829,44	4.141,32	0,2	0,12
AS35	17	0,1	200	0,13	0,00	90,9	1,54	0,03	0,00
AS36	77	0,1	200	0,16	0,01	139,7	10,75	0,03	0,00
ATR72	10.614	0,1	200	1,99	21,10	635,8	6.741,63	0,03	0,32
AW109	32	0,1		0,098	0,00	111,79	3,57		0,00
B010	12	0,1			0,00		0,00		0,00



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B105	590	0,1	48,68	0,12	0,07	127,1	74,91	0,003	0,00
B145	24	0,1			0,00		0,00		0,00
B402	47	0,1	24,25	0,14	0,01	76	3,57	0,001	0,00
B412	3.082	0,1	48,68	0,43	1,32	247	760,49	0,003	0,01
B412EP	221	0,1	48,68	0,43	0,09	247	54,53	0,003	0,00
B417	10	0,1	48,68	0,39	0,00	152	1,52	0,003	0,00
B427	12	0,1	48,68	0,39	0,00	152	1,82	0,003	0,00
B429	16	0,1	48,68	0,39	0,01	152	2,43	0,003	0,00
B732	2.259	0,1	870	6,74	15,21	2.740	6.183,47	0,1	0,23
B733	3.218	0,1	780	7,19	23,11	2.480	7.972,66	0,1	0,32
B734	5.356	0,1	780	7,19	38,47	2.480	13.269,60	0,1	0,54
B735	6.999	0,1	780	7,19	50,27	2.480	17.340,16	0,1	0,70
B738	19.458	0,1	881,1	12,3	239,09	2.775,5	53.951,67	0,07	1,36

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B739	36.795	0,1	880	12,3	452,13	2.780	102.187,81	0,07	2,57
B744	65	0,1	3.319,7	42,88	2,78	10.457	679,03	0,2	0,01
B76	63	0,1	1.434,33	20,2	1,27	3150	198,25	0,1	0,01
BE20	16	0,1	42,35	0,33	0,01	242,3	3,87	0,06	0,00
BK117	136	0,1	48,68	0,17	0,02	143,01	19,43	0,003	0,00
BN2A	33	0,1	67,65	0,015	0,00	72,71	2,40	0,038	0,00
BO105	81	0,1	48,68	0,12	0,01	127,1	10,28	0,003	0,00
C130	197	0,1	48,68	0,39	0,08	152	29,91	0,003	0,00
C172	72	0,1	1.395	0,19	0,00	15,048	1,08	0,44	0,03
C212	803	0,1	67,65	0,35	0,28	212	170,07	0,038	0,03
C235	35	0,1	67,65	0,35	0,01	212	7,41	0,038	0,00
C295	13	0,1	67,65	0,35	0,00	212	2,75	0,038	0,00
CN21	50	0,1	2.231,5	1,043	0,05	300	14,99	0,14	0,01

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
CN23	60	0,1	97,95	1,043	0,06	300	17,98	0,14	0,01
CN29	151	0,1	97,95	1,043	0,16	300	45,25	0,14	0,02
CN35	55	0,1	97,95	1,043	0,06	300	16,48	0,14	0,01
CR1000	5.454	0,1	330	1,78	9,70	785	4.277,11	0,06	0,33
E135	89	0,1	310	2,45	0,22	759,88	67,56	0,012	0,00
EC12	30	0,1	48,68	0,066	0,00	65,6	1,97	0,003	0,00
EC135	38	0,1	48,68	0,14	0,01	134,2	5,09	0,003	0,00
EC155	10	0,1	48,68	0,19	0,00	151,07	1,51	0,003	0,00
F28	10	0,1	760	5,75	0,06	2.390	23,88	3,3	0,03
G36	375	0,1	70	0,3	0,11	230	86,16	0,06	0,02
GLF5	12	0,1	600	5,58	0,07	1.890	22,66	0,03	0,00
H25B	24	0,1	130,9	0,63	0,02	237,56	5,70	0,012	0,00
H900XP	15	0,1			0,00		0,00		0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
KA32	45	0,1	48,68	0,39	0,02	65,6	2,95	0,003	0,00
KT1B	19	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	1.484	0,1	1.000	9,23	13,68	3.150	4.669,93		0,00
MA60	96	0,1			0,00		0,00		0,00
MD82	1.165	0,1	1.000,1	12,3	14,32	3.160	3.677,72	0,2	0,23
N212	42	0,1			0,00		0,00		0,00
N22	28	0,1	200	0,35	0,01	212	5,93	0,038	0,00
N24	84	0,1	200	0,35	0,03	212	17,79	0,038	0,00
NC21	42	0,1			0,00		0,00		0,00
RR79	14	0,1			0,00		0,00		0,00
S76	119	0,1	48,68	0,15	0,02	135,45	16,10	0,003	0,00
SA332	22	0,1	200	0,44	0,01	248,28	5,46	0,03	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
SU95	129	0,1			0,00		0,00		0,00
T34C	17	0,1	70	0,3	0,01	230	3,91	0,06	0,00
T50	12	0,1			0,00		0,00		0,00
TB10	918	0,1	200	0,0079	0,01	46,83	42,95	0,03	0,03
TT50	10	0,1			0,00		0,00		0,00
UH60	19	0,1			0,00		0,00		0,00
XL11	12	0,1			0,00		0,00		0,00
Sub Total 1	123.399	6,90	29.977,20		1.161,00		284.393,02		11,31
Penerbangan Internasional									
A319	444	0,1	688,81	7,46	3,31	2.169,8	962,43	0,02	0,09
A320	8.087	0,1	816,17	11,28	91,13	2.570,9	20.770,08	0,2	1,62
A321	112	0,1	873,3	10,8	1,21	2.570,7	287,63	0,2	0,02

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
A322	349	0,1	523,087	9,58	3,34	1.666	580,85	0,21	0,07
A330	45	0,1	2.231,5	35,57	1,60	7.029	315,99	0,2	0,01
A332	105	0,1	2.168,08	35,32	3,70	7.029,3	737,34	0,2	0,02
A333	1.846	0,1	2.168,08	35,32	65,14	5.934,6	10.944,32	0,2	0,37
A343	43	0,1	2.019,89	34,81	1,50	6.362,65	273,32	1,9	0,08
B733	22	0,1	780	7,19	0,61	2.480	54,51	0,1	0,00
B734	65	0,1	780	7,19	0,47	2.480	161,04	0,1	0,01
B738	687	0,1	881,1	13,2	9,06	2.775,47	1.904,84	0,07	0,05
B739	82	0,1	880	12,3	1,01	2.780	227,73	0,07	0,01
B744	305	0,1	3.319,68	44,45	13,54	10.456,98	3.186,19	0,2	0,06
B747	62	0,1	3.210	19,36	1,20	3.150	195,10	0,27	0,02
B772	101	0,1	2.406,41	61,24	6,18	7.580,19	764,83	2,3	0,23

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidakpastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
B773	70	0,1	2.562,84	52,8	3,69	8.072,95	564,54	2,3	0,16
LAIN-LAIN	371	0,1	2.400	9,23	3,42	3.150	1.167,48		0,00
Sub Total 2	12.796,00	1,70	28.708,95		209,65		43.098,22		2,81
Total	136.195,00	8,60	58.686,15		1.370,65		327.491,24		14,12

Tabel 23 Perhitungan ABC-EIM Transportasi *Off-road* Tahun 2015

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
A320	30.958	0,1	816,17	11,28	348,86	2.570,93	79.511,26	0,2	6,19
A330	67	0,1	2.231,5	35,57	2,38	7.029	470,47	0,2	0,01
A332	242	0,1	2.168,08	35,32	8,54	6.829,44	1.651,07	0,2	0,05
A333	1.266	0,1	2.168,08	35,32	44,67	6.829,44	8.637,42	0,2	0,25
AS36	23	0,1	200	0,16	0,00	139,7	3,21	0.03	0,00
ATR72	8.897	0,1	200	1,99	17,69	635,8	5.651,06	0,03	0,27
AW109	68	0,1		0,0982	0,01	111,798	7,59		0,00
B105	59	0,1	48,676	0,122	0,01	127,1	7,49	0,003	0,00
B412	2.640	0,1	48,676	0,43	1,13	247	651,43	0,003	0,01
B732	173	0,1	870	6,74	1,16	2.740	473,55	0,1	0,02
B733	4.829	0,1	780	7,19	34,69	2.480	11.963,94	0,1	0,48



Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
B734	1.569	0,1	780	7,19	11,27	2.480	3.887,23	0,1	0,16
B735	5.679	0,1	780	7,19	40,79	2.480	14.069,84	0,1	0,57
B738	29.577	0,1	881,1	13,2	390,03	2.775,5	82.008,87	0,07	2,07
B739	29.350	0,1	880	12,3	360,64	2.780	81.511,41	0,07	2,05
B744	17	0,1	3.319,68	44,5	0,76	10.456,98	177,59	0,2	0,00
BE20	10	0,1	42,35	0,33	0,00	242,3	2,42	0,06	0,00
BE40	10	0,1	130,9	0,35	0,00	245,96	2,46	0,06	0,00
BK117	10	0,1	48,676	0,17	0,00	143,01	1,43	0,003	0,00
BK17	130	0,1	48,676	0,17	0,02	143,01	18,57	0,003	0,00
BO105	175	0,1	48,68	0,122	0,02	127,1	22,22	0,003	0,00
C172	50	0,1	1.394,93	0,019	0,00	15,05	0,75	0,44	0,02
C208	304	0,1	24,25	0,17	0,05	100,02	30,38	0,001	0,00
C212	284	0,1	67,65	0,35	0,10	212	60,15	0,038	0,01

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
		(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
CN23	13	0,1	95,75	1,04	0,01	300	3,90	0,14	0,00
CN295	15	0,1							
CR1000	4.240	0,1	330	1,78	7,54	785	3.325,07	0,012	0,00
E135	10	0,1	310	2,45	0,02	759,88	7,59	0,06	0,00
E155	34	0,1	310	0,19	0,01	151,07	5,13	0,06	0,00
E195	1449	0,1	310	4,52	6,54	1.450,85	2.100,18	0,024	0,03
EC135	14	0,1	48,676	0,143	0,00	134,2	1,88	0,003	0,00
EC35	38	0,1	48,676	0,143	0,01	134,2	5,09	0,003	0,00
G36	53	0,1	70	0,3	0,02	230	12,18	0,06	0,00
GLF5	10	0,1	600	5,58	0,06	1.890	18,88	0,03	0,00
H25B	10	0,1	130,9	0,63	0,01	237,56	2,37	0,012	0,00
LAIN-LAIN	1.064	0,1	850	9,23	9,81	3.150	3.348,25		

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
					$N = ((A \times L)/1000)$		$AQ = ((A \times AE)/1000)$		$AJ = ((A \times AH)/1000)$
	(%)	(%)	(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Domestik									
MD82	1.026	0,1	1.003,1	12,3	12,61	3.160	3.238,92	0,2	0,2
N24	76	0,1	200	0,354	0,03	212	16,10	0,038	0,00
SA332	45	0,1	200	0,44	0,02	248,284	11,16	0,03	0,00
TB10	369	0,1	200	0,00796	0,00	46,83	17,26	0,03	0,01
Sub Total 1	124.853,00	4,00	22.685,17		1.299,51		302.935,77		12,68
Penerbangan Internasional									
A319	118	0,1	688,81	7,46	0,88	2.169,8	255,78	0,2	0,02
A320	7.967	0,1	816,17	11,28	89,78	2.570,93	20.462,12	0,2	1,59
A321	275	0,1	960	10,8	2,97	2.570,7	706,24	0,2	0,05
A322	40	0,1	532,087	9,582	0,38	1.666	66,57	0,21	0,01
A330	13	0,1	2.231,5	35,57	0,46	7.029	91,29	0,2	0,00
A332	24	0,1	2.168,08	35,32	0,85	6.829,44	163,74	0,2	0,00

Tipe Pesawat	A		B	L	N	AE	AQ	AH	AJ
	Total LTO tiap pesawat dalam satu tahun	Ketidak-pastian Data	Bahan Bakar Konsumsi per LTO	Faktor Emisi NO <sub>x</sub> per LTO	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> per LTO	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)	Faktor Emisi CH <sub>4</sub> per LTO	Emisi CH <sub>4</sub> (Ton)
		(%)			$N = ((A \times L))/1000$		$AQ = ((A \times AE))/1000$		$AJ = ((A \times AH))/1000$
			(kg/LTO)	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low	(kg/LTO)	Low
Penerbangan Internasional									
A333	2.077	0,1	2.168,08	35,32	73,29	6.829,44	14.170,56	0,2	0,41
A343	218	0,1	2.019,89	34,81	7,58	6.362,65	1.385,67	1,9	0,41
B738	731	0,1	881,1	13,2	8,98	2.775,47	2.026,84	0,07	0,05
B744	368	0,1	3.319,68	44,5	16,36	10.455,98	3.844,32	0,2	0,07
B772	10	0,1	2.406,41	61,24	0,61	7.580,19	75,73	2,3	0,02
B773	32	0,1	2.562,84	52,8	1,69	8.072,95	258,08	2,3	0,07
B787	12	0,1			0,00		0,00		0,00
LAIN-LAIN	313	0,1	2.500	9,23	2,89	3150	984,96		0,00
Sub Total 2	12.198,00	1,10	18.322,98		206,71		44.491,89		2,74
Total	137.051,00	4,00	33.771,24		1.506,22		347.427,66		15,41

**LAMPIRAN VI**  
**Data Hasil Perhitungan Insenerasi Limbah Padat Domestik dengan ABC-EIM**

Tabel 24 Perhitungan ABC-EIM Insenerasi Limbah Padat Domestik Tahun 2009

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketidak- pastian Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembaka- ran di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembaka- ran (η <sub>ds</sub> )	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)					$G = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J / 1000$		
		(%)	Low	(%)				(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Insenerasi	26.681.181	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	31,61	1,80	0,06	985	31,13

Tabel 25 Perhitungan ABC-EIM Insenerasi Limbah Padat Domestik Tahun 2010

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketidak- pastian Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembaka- ran di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembaka- ran (ηds)	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)					$G = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J / 1000$		$Y = G \times X / 1000$
		(%)	Low	(%)				(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Insenerasi	33.135.58 2	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	39,25	1,80	0,07	985	38,66

Tabel 26 Perhitungan ABC-EIM Insenerasi Limbah Padat Domestik Tahun 2011

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketidak- pastian Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- -pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembakar- an di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembakar- an (ηds)	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)					$G = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J / 1000$		$Y = G \times X / 1000$
		(%)	Low	(%)				(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Insenerasi	37.447.928	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	44,36	1,80	0,08	985	43,70

Tabel 27 Perhitungan ABC-EIM Insenerasi Limbah Padat Domestik Tahun 2012

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketidak- pastian Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- -pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembakar- an di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembakar- -ran (ηds)	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)					$G = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J / 1000$		$Y = G \times X / 1000$
		(%)	Low	(%)				(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Insenerasi	45.054.999	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	53,37	1,80	0,10	985	52,57



Tabel 28 Perhitungan ABC-EIM Insenerasi Limbah Padat Domestik Tahun 2013

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketidak- pastian Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembakar- an di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembakar- an (ηds)	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)					$G = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J / 1000$		$Y = G \times X / 1000$
		(%)	Low	(%)				(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Insenerasi	48.847.25 2	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	57,87	1,80	0,10	985	57,00

Tabel 29 Perhitungan ABC-EIM Insenerasi Limbah Padat Domestik Tahun 2014

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketidak- pastian Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembakar- an di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembakar- an (ηds)	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)					$G = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J / 1000$		$Y = G \times X / 1000$
		(%)	Low	(%)				(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Insenerasi	47.948.730	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	56,80	1,80	0,10	985	55,95

Tabel 30 Perhitungan ABC-EIM Insenerasi Limbah Padat Domestik Tahun 2015

Aktivitas	A		B	C	D	E	F	G	J	K	X	Y
	Populasi (P)	Ketidak- pastian Data	Timbulan Sampah yang dihasil- kan per orang	Efisiensi Pengum- -pulan Sampah (ε)	Fraksi Pembakar- an di TPS (δ)	Fraksi Sampah yang Terbakar	Efisiensi Pembakar- an (ηds)	Total Sampah yang di Insenerasi	Faktor Emisi NO <sub>x</sub>	Emisi NO <sub>x</sub> (Ton/ tahun)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton)
			(km/ tahun. kapita)					$G = A \times B \times (C/100) \times D \times E \times F \times 365/1000$		$K = G \times J / 1000$		$Y = G \times X / 1000$
		(%)	Low	(%)				(ton)	(g/ kg)	Low	(g/ kg)	Low
Insenerasi	47.444.37 2	0,1	0,121	20	0,05	1	0,98	56,20	1,80	0,10	985	55,36

**LAMPIRAN VII**  
**Data Hasil Perhitungan Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan IPCC 2006 GL**

Tabel 31 Perhitungan IPCC 2006 GL Pengolahan Limbah Cair Domestik Tahun 2009

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	18.209.403	37,87	300	206.877,0275	1,25	258.596,2844
Terminal 2	8.471.778	37,87	300	96.247,86986	2,25	216.557,7072
Total	26.681.181					475.153,9915

Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana ( $B_0$ )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan ( $MCF_j$ )	Faktor Emisi ( $EF_i$ )	Fraksi Populasi ( $U_i$ )	Derajat Penggunaan Unit Pengolahan ( $T_{ij}$ )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direkover atau dibakar	Emisi metana ( $CH_4$ )
	(kg $CH_4$ /kg BOD)		$I = G \times H$ (kg $CH_4$ /kg BOD)	<i>Urban-high</i>	<i>Urban-high</i>	(kg BOD/tahun)	(kg $CH_4$ /tahun)	$N = [(G \times H \times I) \times (F - L)] - M$ (kg $CH_4$ /tahun)
<i>Centralized, aerobic treatment plant</i>	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	4.133,40
<i>Anaerobic reactor</i>	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	9.230,56
Total								13.363,96

Tabel 32 Perhitungan IPCC 2006 GL Pengolahan Limbah Cair Domestik Tahun 2010

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	20.698.398	37,87	300	235.154,4997	1,25	293.943,1246
Terminal 2	12.437.184	37,87	300	141.298,8474	2,25	317.922,4067
Total	33.135.582					611.865,5313

Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana ( $B_0$ )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan ( $MCF_j$ )	Faktor Emisi ( $EF_i$ )	Fraksi Populasi ( $U_i$ )	Derajat Penggunaan Unit Pengolahan ( $T_{ij}$ )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direkover atau dibakar	Emisi metana ( $CH_4$ )
	(kg $CH_4$ /kg BOD)		$I = G \times H$ (kg $CH_4$ /kg BOD)	<i>Urban-high</i>	<i>Urban-high</i>	(kg BOD/tahun)	(kg $CH_4$ /tahun)	$N = [(G \times H \times I) \times (F - L)] - M$ (kg $CH_4$ /tahun)
<i>Centralized, aerobic treatment plant</i>	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	4.698,39
<i>Anaerobic reactor</i>	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	13.551,12
Total								18.249,51

Tabel 33 Perhitungan IPCC 2006 GL Pengolahan Limbah Cair Domestik Tahun 2011

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	23.368.035	37,87	300	265.484,2456	1,25	331.855,307
Terminal 2	14.079.893	37,87	300	159.961,6644	2,25	359.913,7448
Total	37.447.928					691.769,0519



Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana ( $B_0$ )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan ( $MCF_j$ )	Faktor Emisi ( $EF_i$ )	Fraksi Populasi ( $U_i$ )	Derajat Penggunaan Unit Pengolahan ( $T_{ij}$ )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direkover atau dibakar	Emisi metana ( $CH_4$ )
	(kg $CH_4$ /kg BOD)		$I = G \times H$	Urban-high	Urban-high	(kg BOD/tahun)	(kg $CH_4$ /tahun)	$N = [(G \times H \times I) \times (F - L)] - M$
			(kg $CH_4$ /kg BOD)					(kg $CH_4$ /tahun)
Centralized, aerobic treatment plant	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	5.304,38
Anaerobic reactor	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	15.340,96
Total								20.645,34

Tabel 34 Perhitungan IPCC 2006 GL Pengolahan Limbah Cair Domestik Tahun 2012

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	28.420.503	37,87	300	322.885,3346	1,25	403.606,6682
Terminal 2	16.634.496	37,87	300	188.984,5091	2,25	425.215,1454
Total	45.054.999					828.821,8136

Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana ( $B_0$ )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan ( $MCF_j$ )	Faktor Emisi ( $EF_i$ )	Fraksi Populasi ( $U_i$ )	Derajat Penggunaan Unit Pengolahan ( $T_{ij}$ )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direkover atau dibakar	Emisi metana ( $CH_4$ )
	(kg $CH_4$ /kg BOD)		$I = G \times H$ (kg $CH_4$ /kg BOD)	Urban-high	Urban-high	(kg BOD/tahun)	(kg $CH_4$ /tahun)	$N = [(G \times H \times I) \times (F - L)] - M$ (kg $CH_4$ /tahun)
Centralized, aerobic treatment plant	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	6.451,25
Anaerobic reactor	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	18.124,37
Total								24.575,62

Tabel 35 Perhitungan IPCC 2006 GL Pengolahan Limbah Cair Domestik Tahun 2013

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	30.581.532	37,87	300	347.436,7851	1,25	434.295,9813
Terminal 2	18.265.720	37,87	300	207.516,8449	2,25	466.912,9011
Total	48.847.252					901.208,8824

Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana ( $B_0$ )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan ( $MCF_j$ )	Faktor Emisi ( $EF_i$ )	Fraksi Populasi ( $U_i$ )	Derajat Penggunaan Unit Pengolahan ( $T_{ij}$ )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direkover atau dibakar	Emisi metana ( $CH_4$ )
	(kg $CH_4$ /kg BOD)		$I = G \times H$ (kg $CH_4$ /kg BOD)	<i>Urban-high</i>	<i>Urban-high</i>	(kg BOD/tahun)	(kg $CH_4$ /tahun)	$N = [(G \times H \times I) \times (F - L)] - M$ (kg $CH_4$ /tahun)
<i>Centralized, aerobic treatment plant</i>	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	6.941,79
<i>Anaerobic reactor</i>	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	19.901,69
Total								26.843,48

Tabel 36 Perhitungan IPCC 2006 GL Pengolahan Limbah Cair Domestik Tahun 2014

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	30.062.830	37,87	300	341.543,8116	1,25	426.929,7645
Terminal 2	17.885.900	37,87	300	203.201,7099	2,25	457.203,8473
Total	47.948.730					884.133,6118

Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana ( $B_0$ )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan ( $MCF_j$ )	Faktor Emisi ( $EF_i$ )	Fraksi Populasi ( $U_i$ )	Derajat Penggunaan Unit Pengolahan ( $T_{ij}$ )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direkover atau dibakar	Emisi metana ( $CH_4$ )
	(kg $CH_4$ /kg BOD)		$I = G \times H$ (kg $CH_4$ /kg BOD)	<i>Urban-high</i>	<i>Urban-high</i>	(kg BOD/tahun)	(kg $CH_4$ /tahun)	$N = [(G \times H \times I) \times (F - L)] - M$ (kg $CH_4$ /tahun)
<i>Centralized, aerobic treatment plant</i>	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	6.824,05
<i>Anaerobic reactor</i>	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	19.487,86
Total								26.311,90

Tabel 37 Perhitungan IPCC 2006 GL Pengolahan Limbah Cair Domestik Tahun 2015

Regional	A	B	C	D	E	F
	Populasi (P)	Limbah Cair Domestik yang dihasilkan per orang	BOD influen	Komponen Organik yang Terdegradasi (BOD)	Faktor Koreksi BOD <i>discharged</i> pada Saluran (I)	Material yang Terdegradasi pada Limbah Cair (TOW)
				$C = A \times B \times C / 10^6$		$F = D \times E$
		(Liter/tahun.kapita)	(mg/L)	(kg/BOD.tahun)		(kg/BOD.tahun)
Terminal 1	29.743.718	37,87	300	337.918,3802	1,25	422.397,9752
Terminal 2	17.700.654	37,87	300	201.097,1301	2,25	452.468,5427
Total	47.444.372					874.866,518



Tipe Pengolahan	G	H	I	J	K	L	M	N
	Maksimal Kapasitas Produksi Metana ( $B_0$ )	Koreksi Metana setiap Tipe Pengolahan ( $MCF_j$ )	Faktor Emisi ( $EF_i$ )	Fraksi Populasi ( $U_i$ )	Derajat Penggunaan Unit Pengolahan ( $T_{ij}$ )	Lumpur yang diremoval	Metana yang direkover atau dibakar	Emisi metana ( $CH_4$ )
	(kg $CH_4$ /kg BOD)		$I = G \times H$ (kg $CH_4$ /kg BOD)	<i>Urban-high</i>	<i>Urban-high</i>	(kg BOD/tahun)	(kg $CH_4$ /tahun)	$N = [(G \times H \times I) \times (F - L)] - M$ (kg $CH_4$ /tahun)
<i>Centralized, aerobic treatment plant</i>	0,6	0,3	0,18	0,12	0,74	0	0	6.751,61
<i>Anaerobic reactor</i>	0,6	0,8	0,48	0,12	0,74	0	0	19.286,02
Total								26.037,63

## BIOGRAFI PENULIS



Afifah Raudloh Anni'mah, penulis lahir di Mojokerto pada tanggal 01 Maret 1995 dan merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Alamat rumah yaitu Perum. Srigading Dalam Kav. 24, Jatimulyo, Lowokwaru, Malang. Penulis menempuh pendidikan formal melalui Sekolah Indonesia Kuala Lumpur pada tahun 2002 - 2008, MTs Surya Buana Malang pada tahun 2008 - 2010, MAN Insan Cendekia Gorontalo pada tahun 2010 - 2013. Penulis menempuh pendidikan S1 Teknik Lingkungan ITS Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), terdaftar dengan NRP. 3313100094 melalui jalur SBMPTN. Penulis juga aktif organisasi kemahasiswaan, yaitu pada tahun 2014 - 2015 menjadi staf Klub Bahasa Inggris (EEEC) dan Wakil Ketua Bidang Syiar Tim Kerohanian Al Kaun Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL), staf BSO FSLDK bidang keumatan (Komisi A) JMMI TPPI ITS, dilanjutkan pada tahun 2015 - 2016 penulis menjadi Wakil Ketua Tim Kerohanian Al Kaun Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL), Wakil Ketua BSO FSLDK Badan Khusus Peduli bidang keumatan (Komisi A) JMMI TPPI ITS, dan tahun 2016 - 2017 Wakil Direktur BSO FSLDK Badan Khusus Peduli bidang keumatan (Komisi A) JMMI TPPI ITS. Penulis juga menimba pengalaman melalui Kerja Praktek di RSUD Dr. Syaiful Anwar di Malang, bagian Pengolahan Limbah Padat dan diamanahi sebagai asisten Laboratorium Teknik Analisis Pencemaran Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.

Konsentrasi Tugas Akhir yang dialami penulis adalah di bidang Pengendalian dan Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim, Judul Tugas Akhir **"INVENTARISASI FLUKTUASI EMISI POLUTAN NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, DAN CH<sub>4</sub> DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SIDOARJO"**. Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas

Akhir, serta ingin memberikan kritik dan saran, dapat menghubungi melalui email: [afifahenviro@gmail.com](mailto:afifahenviro@gmail.com)